



Emerciano Jany Brito Lopes

Licenciado em Engenharia do Ambiente

Gestão de Pressões em Redes de Distribuição de Água – Caso de Santa Maria da Feira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão da Água

Orientador: Prof. Doutor David José Fonseca Pereira, Prof. Auxiliar,
FCT-UNL

Co-orientador: Eng.º Ricardo Miguel dos Santos Varela Grazina,
Director Técnico e Exploração, INDAQUA Feira

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António Pedro de Nobre Carmona Rodrigues

Arguente: Prof. João Maria Matos Lopes da Fonseca

Vogal: Prof. Doutor David José Fonseca Pereira



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Dezembro, 2013



Emerciano Jany Brito Lopes

Licenciado em Engenharia do Ambiente

Gestão de Pressões em Redes de Distribuição de Água – Caso de Santa Maria da Feira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão da Água

Orientador: Prof. Doutor David José Fonseca Pereira, Prof. Auxiliar,
FCT-UNL

Co-orientador: Eng.º Ricardo Miguel dos Santos Varela Grazina,
Director Técnico e Exploração, INDAQUA Feira

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António Pedro de Nobre Carmona Rodrigues
Arguente: Prof. João Maria Matos Lopes da Fonseca
Vogal: Prof. Doutor David José Fonseca Pereira



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Dezembro, 2013

Gestão de Pressões em Redes de Distribuição de Água – Caso de Santa Maria da Feira

Copyright © em nome de Emerciano Jany Brito Lopes, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor David José Fonseca Pereira, pela orientação, pelo conhecimento transmitido, pelo rigor técnico e linguístico. Agradeço também a sua disponibilidade na revisão da dissertação.

A todos os professores que me transmitiram a sua sabedoria, em especial, o Prof. Doutor António Carmona Rodrigues, o Eng.º Theo Fernandes, o Prof. João Fonseca e o Prof. Doutor Pedro Santos Coelho.

Ao Eng.º Ricardo Grazina, pelo entusiasmo e disponibilidade ao longo da fase experimental, e por colocar ao meu dispor, todos os recursos necessários para que essa fase fosse concluída com sucesso. Agradeço, de igual forma, a amizade com que me honrou, bem como a confiança e a oportunidade de realizar a fase experimental no sistema de distribuição de Santa Maria da Feira, e de viajar, sempre que necessário, para Lisboa.

Ao Eng.º Tiago Gonçalves, responsável pelo controlo de perdas de água da INDAQUA Feira, pelo incentivo, preocupação e conhecimento técnico transmitido.

Ao Abílio e ao Marco Maia, pela disponibilidade na instalação e leitura dos Cybles.

Em geral, ao Departamento Técnico e de Exploração da INDAQUA Feira, pela oportunidade de trabalhar com todos.

À minha família, pelo incentivo e preocupação ao longo de todo este mestrado, em especial nesta fase final.

À minha esposa, Beatriz, pelo carinho, amizade, apoio e papel determinante, não só nesta dissertação, como também no ingresso neste mestrado.

Por último, a Deus, por todos os dons que me transmitiu e por ter colocado as pessoas certas ao meu lado.

RESUMO

No presente trabalho são avaliados os efeitos resultantes da redução da pressão, em três âmbitos: no controlo de fugas, nos consumos e na qualidade da prestação do serviço. É realizado um levantamento do estado da arte em gestão de sistemas de distribuição de água, com especial incidência na gestão da pressão e nos efeitos desta nos âmbitos acima referidos.

Para a avaliação dos efeitos referidos, é implementado um método experimental, que consiste na monitorização: de consumos, por telemetria; de fugas, através do caudal mínimo nocturno (CmN), e da qualidade do serviço prestado, através do número de reclamações. Este método experimental é implementado em diferentes zonas de medição e controlo (ZMC) da rede de distribuição de água de Santa Maria da Feira, durante um período de cinco semanas. Após a conclusão do período da monitorização, procedeu-se à análise comparativa, entre os dados registados, antes e depois da redução da pressão induzida na rede, tentando estabelecer relações causa-efeito, mas conclui-se que os efeitos da redução da pressão nas redes de distribuição não são lineares, e dependem das características das ZMC. A sazonalidade turística também teve efeito nos resultados obtidos, não tendo permitido por isso, concluir, que as variações verificadas nos parâmetros em análise fossem exclusivamente causadas pela variação da pressão na rede. O recurso à utilização de aparelhos de telemetria na monitorização de consumos, nomeadamente o Cyble, revelou ser bastante vantajosa; no entanto, é necessário realizar uma avaliação custo-benefício, antes da implementação desta tecnologia em larga escala.

Palavras-chave: Gestão de Pressões; Controlo de Fugas; Relação Pressão-Consumo-Fugas; Santa Maria da Feira; Telemetria; Cyble.

ABSTRACT

In the present study are evaluated the effects of the pressure reduction in three areas: the leakage control, the consumption and the quality of service. It conducted a survey of the state of the art in managing water distribution systems, with special focus on pressure management and the effects of this in the areas mentioned above.

For the assessment of the effects mentioned, is implemented an experimental method which consists of the monitoring: of consumptions, by telemetry; of leaks, by minimum night flow, and the quality of service, by the number of complaints. This experimental method is implemented in different district metered area (DMA) of the water distribution network of Santa Maria da Feira, for a period of five weeks. After completion of the monitoring period, proceeded to a comparative analysis of the registered data before and after of pressure reduction induced on the network, attempting to establish cause-effect relationships, but concludes that the effects of pressure reduction in the distribution networks are not linear, and depend on the DMA characteristics. The tourism seasonality also had an effect on the results, so, it is not possible to conclude that variations in the parameters analyzed were exclusively caused by pressure changes in the network. The recourse to the use of telemetry devices for the monitoring of consumption, in particular the Cyble, proved to be very advantageous, however, it is necessary to conduct a cost-benefit analysis before the implementation of this technology on a large scale.

Keywords: Pressure Management; Leakage control; Pressure-Consumption-Leakage Relationship; Santa Maria da Feira; Telemetry; Cyble.

ÍNDICE DE MATÉRIAS

AGRADECIMENTOS.....	V
RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	IX
ÍNDICE DE MATÉRIAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE TABELAS	XIX
LISTA DE ABREVIATURAS	XXI
1. INTRODUÇÃO	23
1.1 Enquadramento temático	23
1.2 Objectivos.....	24
1.3 Estrutura da dissertação	25
2. REVISÃO LITERÁRIA	27
2.1 Gestão de Recursos Hídricos	27
2.1.1 <i>Ciclo Natural da Água</i>	27
2.1.2 <i>Disponibilidade e utilizações de recursos hídricos</i>	28
2.1.3 <i>Paradigmas da Gestão da Água</i>	31
2.1.4 <i>Política da Água</i>	33
2.1.5 <i>Directiva 2000/60/CE, de 23 de Outubro de 2000 – Directiva Quadro da Água (DQA)</i>	33
2.1.6 <i>Lei 58/2005, de 29 de Dezembro – Lei da Água</i>	34
2.2 Sistemas de abastecimento de água	35
2.2.1 <i>Ciclo Urbano da Água</i>	35
2.2.2 <i>Sistemas de abastecimento de água</i>	37
2.2.3 <i>Sistema de abastecimento de Santa Maria da Feira</i>	41
2.2.4 <i>Políticas de gestão de sistemas de abastecimento</i>	51
2.3 Balanço Hídrico num Sistema de Abastecimento	53
2.4 Perdas de Água.....	59
2.4.1 <i>Perdas reais</i>	62
2.4.2 <i>Perdas aparentes</i>	69
2.4.3 <i>Nível económico de perdas (NEP)</i>	71
2.5 Zonas de Medição e Controlo (ZMC)	74
2.6 Caudal Mínimo Nocturno (CmN).....	78
2.7 Medição de consumos	84
2.7.1 <i>Vantagens da medição de consumos e caudais</i>	84
2.7.2 <i>Tipos de contadores</i>	86
2.7.3 <i>Factores que influenciam a precisão da medição de consumos</i>	91
2.8 Telemetria.....	93
2.8.1 <i>Everblu Cyble</i>	96

2.9	Gestão de pressões na rede de distribuição.....	101
2.9.1	Tipos de gestão de pressões	105
2.9.2	Efeitos da pressão nas perdas reais	111
2.9.3	Efeitos da pressão no caudal e no consumo	117
3.	METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	121
3.1	Análise e selecção das áreas de estudo.....	121
3.2	Análise e selecção dos clientes a monitorizar	123
3.3	Instalação dos Cybles	123
3.4	Programação dos Cybles e das rotas	123
3.5	Alteração das Pressões	132
3.6	Monitorização dos consumos, fugas e reclamações	135
4.	RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO	139
4.1	ZMC 05420 - Arrifana	139
4.1.1	Pressão Vs Consumo.....	139
4.1.2	Pressão vs Caudal	140
4.1.3	Pressão Vs CmN.....	141
4.2	ZMC 05120 – Albergaria	142
4.2.1	Pressão Vs Consumo.....	142
4.2.2	Pressão Vs Caudal.....	144
4.2.3	Pressão Vs CmN.....	145
4.3	ZMC 03430 – Canedo	146
4.3.1	Pressão Vs Consumo.....	146
4.3.2	Pressão vs Caudal	148
4.3.3	Pressão Vs CmN.....	149
4.4	ZMC 48220 – Vila nova.....	150
4.4.1	Pressão Vs Consumo.....	150
4.4.2	Pressão Vs Caudal.....	152
4.4.3	Pressão Vs CmN.....	153
4.5	ZMC 04811 – Ferreira de Castro	154
4.5.1	Pressão Vs Consumo.....	154
4.5.2	Pressão Vs Caudal.....	155
4.5.3	Pressão Vs CmN.....	156
5.	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	159
6.	CONCLUSÕES	163
7.	DIFICULDADES E PROPOSTAS DE TRABALHO	165
8.	BIBLIOGRAFIA.....	167
9.	ANEXOS	171
9.1	Anexo 1 – Mapas das ZMC analisadas e localização dos Cybles.....	171
9.2	Anexo 2 – Características dos contadores analisados e Cybles associados	176
9.3	Anexo 3 – Características das ZMC analisadas	179

9.4	Anexo 4 – CmN médio mensal nas ZMC (2012)	180
9.5	Anexo 5 – Variação do caudal ao longo da experiência	181

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Ciclo da água	27
Figura 2.2 - Estimativas do crescimento populacional	29
Figura 2.3 - Ciclo urbano da água	36
Figura 2.4 - Abastecimento público de água	38
Figura 2.5 – Identificação das EG responsáveis pelo abastecimento de água em alta, em Portugal continental, e os municípios onde operam	39
Figura 2.6 - Número de EG responsáveis pelo abastecimento em alta, por concelho, em Portugal continental	40
Figura 2.7 - Água captada e perdas de água	41
Figura 2.8 - Municípios abastecidos pela AdDP e respectivas infra-estruturas	42
Figura 2.9 – INDAQUA, S.A. em Portugal	44
Figura 2.10 – Concelho de Santa Maria da Feira	45
Figura 2.11 - Mapa das freguesias do Concelho de Santa Maria da Feira	46
Figura 2.12 - Número de clientes de água desde o início da concessão	47
Figura 2.13 - Rede geral de água do Concelho de Santa Maria da Feira	48
Figura 2.14 - Evolução do volume de água facturado, desde o início da concessão	50
Figura 2.15 - Perdas de água desde o início da concessão	50
Figura 2.16 - Componentes do balanço hídrico e localização dos pontos de controlo do caudal	54
Figura 2.17 - Componentes do volume de água fornecido aos sistemas de distribuição	61
Figura 2.18 - Componentes das perdas de água num sistema de distribuição	61
Figura 2.19 - Modelo conceptual para a gestão de perdas de água	62
Figura 2.20 - Perdas de água na rede de distribuição	63
Figura 2.21 - Perdas de água nos ramos de ligação	64
Figura 2.22 - Variação do volume de água perdida numa rotura em função do tempo de sensibilização, localização e reparação da mesma	64
Figura 2.23 - Volume de água perdido através de orifícios de diferentes diâmetros, a pressões de serviço de 5, 15 e 32 m	65
Figura 2.24 - Possível uso fraudulento do hidrante	70
Figura 2.25 - Nível económico de perdas reais	71
Figura 2.26 - Nível económico de perdas aparentes	72
Figura 2.27 - Nível económico de perdas reais	73
Figura 2.28 - Relação entre o nível de intervenção e o NEP	74
Figura 2.29 - Sistema de medição zonada	75
Figura 2.30 - Monitorização dos caudais mínimos nocturnos	76
Figura 2.31 - Perfil diário de caudais e pressões	78
Figura 2.32 - Comparação entre o caudal nocturno e o Cmd	83

Figura 2.33 - Comparação entre o caudal nocturno e o Cmd, após detecção e reparação de fugas	83
Figura 2.34 – Indicação da leitura	87
Figura 2.35 – Imagem de um caudalímetro	87
Figura 2.36 – Esquema de uma turbina de pás planas	88
Figura 2.37 – Esquema do funcionamento de um contador de velocidade do tipo mono-jacto ..	89
Figura 2.38 - Esquema do funcionamento de um contador de velocidade do tipo multi-jacto ...	89
Figura 2.39 - Contador volumétrico visto em corte	90
Figura 2.40 - Princípio do funcionamento de um contador volumétrico	90
Figura 2.41 - Curvas de precisão para diferentes posições de montagem	92
Figura 2.42 - Depósitos em contadores domésticos.....	92
Figura 2.43 - Integração de STD com outros sectores das EG	95
Figura 2.44 - Everblu Cyble Enhanced	96
Figura 2.45 - Sistema de telemetria da tecnologia Cyble	97
Figura 2.46 - Contador pré-equipado com ponteiro	97
Figura 2.47 - Princípio de funcionamento do ponteiro	97
Figura 2.48 - Cyble e as ferramentas necessárias para a sua instalação	98
Figura 2.49 - Pormenor da quebra da cobertura plástica onde será parafusado o Cyble.....	98
Figura 2.50 - Pormenor da colocação do Cyble no contador	99
Figura 2.51 - Pormenor da colocação do parafuso.....	99
Figura 2.52 - Pormenor da colocação do selo preto	100
Figura 2.53 – PSION	100
Figura 2.54 - Diagrama de pressões.....	101
Figura 2.55 - Sectorização de um sistema de distribuição de água em ZMC	105
Figura 2.56 - Metodologia para a concepção e implementação de uma PMA	107
Figura 2.57 - Diferentes tipos de válvulas redutoras de pressão (VRP).....	109
Figura 2.58 - Modo genérico de funcionamento de uma válvula redutora de pressão do tipo convencional.....	110
Figura 2.59 - Pressão média versus frequência média de roturas num sistema de abastecimento no País de Gales	112
Figura 2.60 - Exemplo dos efeitos da redução da pressão no caudal.....	113
Figura 2.61 - Efeito da gestão de pressões no nível de perdas	113
Figura 2.62 - Relação entre as variações de pressão e o caudal de perdas	114
Figura 2.63 - Variação das fugas com a pressão, teoricamente e experimentalmente.....	116
Figura 2.64 - Efeito da pressão no índice de fugas	116
Figura 2.65 - Instalação hidráulica com abastecimento directo.....	117
Figura 2.66 - Instalação hidráulica com abastecimento indirecto	118
Figura 3.1- Ligação do Psion	124
Figura 3.2 - Menu do Psion	124
Figura 3.3 - Introdução do número de série e tipo de módulo do Cyble.....	125

Figura 3.4 - Introdução do número de série e índice do contador	125
Figura 3.5 - Configuração dos alarmes	126
Figura 3.6 - Configuração do valor limite de fuga e horário de emissão de dados	126
Figura 3.7 - Outras configurações.....	127
Figura 3.8 - Finalização da programação	127
Figura 3.9 - Criação da rota	128
Figura 3.10 - Criação do cliente	129
Figura 3.11 - Criação do contador.....	129
Figura 3.12 - Criação do Cyble	130
Figura 3.13 - Aspecto final da rota	130
Figura 3.14 - Transferência da rota do Everblu para o Psion	131
Figura 3.15 - Transferência da rota do Psion para o EverBlu.....	131
Figura 3.16 - Quadro de comandos das diferentes bombas sobrepessoras das ZMC 03430, 05420 e 05120.....	132
Figura 3.17 - Configuração de set-points nas bombas sobrepessoras da ZMC 48220	133
Figura 3.18 - Variação da pressão na ZMC 05420, à saída do reservatório	133
Figura 3.19 - Variação da pressão na ZMC 05120, à saída do reservatório.....	134
Figura 3.20 - Variação da pressão na ZMC 03430, à saída do reservatório	134
Figura 3.21 - Variação da pressão na ZMC 48220, à saída do reservatório	135
Figura 3.22 - Leitura do Cyble.....	136
Figura 3.23 - Pormenor da variação dos consumos, visível através do EverBlu	137
Figura 3.24 - Monitorização do CmN	137
Figura 4.1 - Variação do consumo total e médio com a variação da pressão na ZMC 05420.	140
Figura 4.2- Variação do volume e do caudal médio com a variação da pressão	141
Figura 4.3 - Variação do volume nocturno total e do CmN médio com a variação da pressão na ZMC 05420.....	142
Figura 4.4 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 05120.....	144
Figura 4.5- Variação do volume e do caudal médio com a variação da pressão	145
Figura 4.6- Variação do volume nocturno total e do CmN médio com a variação da pressão na ZMC 05120.....	146
Figura 4.7 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 03430.....	147
Figura 4.8 - Variação do volume e do caudal médio com a variação da pressão	148
Figura 4.9 - Variação do volume nocturno total e do CmN médio com a variação da pressão na ZMC 03430.....	149
Figura 4.10 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 48220.....	151
Figura 4.11 - Variação do volume e do caudal médio com a variação da pressão	152
Figura 4.12 - Variação do volume nocturno total e do CmN médio com a variação da pressão na ZMC 48220.....	153
Figura 4.13 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 04811	155
Figura 4.14 - Variação do volume e do caudal médio com a variação da pressão	156

Figura 4.15 - Variação do volume nocturno total e do CmN médio com a variação da pressão na ZMC 04811	157
Figura 9.1 - Mapa da ZMC 05420	171
Figura 9.2 - Mapa da ZMC 05120	172
Figura 9.3 - Mapa da ZMC 03430	173
Figura 9.4 - Mapa da ZMC 48220	174
Figura 9.5 - Mapa da ZMC 04811	175
Figura 9.6 - Variação do caudal na ZMC 05420	181
Figura 9.7 - Variação do caudal na ZMC 05120	181
Figura 9.8 - Variação do caudal na ZMC 03430	182
Figura 9.9 - Variação do caudal na ZMC 48220	182
Figura 9.10 - Variação do caudal na ZMC 04811	182

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Modelos de Gestão utilizadas no sector	52
Tabela 2.2 - Componente do balanço hídrico definidos pelo IWA.....	57
Tabela 2.3 - Componentes do CmN	79
Tabela 2.4 - Componentes do CmN, para uma pressão de serviço de 50 m.c.a.	81
Tabela 2.5 – Categorias de utilizadores, para pequenos consumos não-domésticos	82
Tabela 2.6- Valores recomendados para o expoente “n”	115
Tabela 3.1- Características das ZMC com bombas sobrepessoas a montante	122
Tabela 3.2 - Características da ZMC com VRP a montante	122
Tabela 4.1 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 05420	139
Tabela 4.2- Variação do volume e do caudal com a variação da pressão	140
Tabela 4.3 - Variação do volume nocturno total e do CmN com a variação da pressão na ZMC 05420.....	141
Tabela 4.4 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 05120	142
Tabela 4.5 - Variação do volume e do caudal com a variação da pressão	144
Tabela 4.6 - Variação do volume nocturno total e do CmN com a variação da pressão na ZMC 05120.....	145
Tabela 4.7 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 03430	146
Tabela 4.8 - Variação do volume e do caudal com a variação da pressão	148
Tabela 4.9 - Variação do volume nocturno total e do CmN com a variação da pressão na ZMC 03430.....	149
Tabela 4.10 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 48220	150
Tabela 4.11 - Variação do volume e do caudal com a variação da pressão	152
Tabela 4.12 - Variação do volume nocturno total e do CmN com a variação da pressão na ZMC 48220.....	153
Tabela 4.13 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 04811	154
Tabela 4.14 - Variação do volume e do caudal com a variação da pressão	155
Tabela 4.15 - Variação do volume nocturno total e do CmN com a variação da pressão na ZMC 04811.....	156
Tabela 5.1 - Resumo dos resultados obtidos.....	159
Tabela 9.1 - Características dos contadores analisados e Cybles associados	176
Tabela 9.2 - Características das ZMC analisadas	179
Tabela 9.3 – CmN médio mensal nas ZMC (2012).....	180

LISTA DE ABREVIATURAS

AdDP – Águas do Douro e Paiva, S.A.
ARH – Administração da Região Hidrográfica
AWWA – American Water Works Association
BCWWA – British Columbia Water & Waste Association
CMA – Câmara Municipal de Albufeira
Cmd – Caudal médio diário
CmN - caudal mínimo nocturno
DMA – District Metered Area
DN – Diâmetro nominal
DQA – Directiva-Quadro da Água
EE – Estação Elevatória
EG – Entidade Gestora
EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A.
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais
HOS – Hostalene
IF – INDAQUA Feira, S.A.
IWA – International Water Association
m.c.a. – Metros Coluna de Água
MID – Measuring Instruments Directive
NEP – Nível económico de Perdas
PC – Posto de Cloragem
PE – Polietileno
PEAASAR II - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais
PEAD – Polietileno de Alta Densidade
PMA – Pressure Management Areas
PPP – Parceria Público-privada
PVC - Policloreto de Polivinila
SMF – Santa Maria da Feira
STD – Sistemas de Telemetria Domiciliária
TPL – Terminal Portátil de Leitura
VCA – Válvulas de Controlo Automático
VRP – Válvula de Redução de Pressão
ZMC – Zona de Medição e Controlo

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento temático

A gestão de pressões em sistemas de distribuição de água é uma das principais abordagens no combate às perdas de água, nomeadamente às perdas de água reais. No entanto, alguns intervenientes neste sector de gestão, mais concretamente, as Entidades Gestoras (EG), pressupõem que as perdas reais são insensíveis à variação da pressão no sistema (ALEGRE et al., 2005), ainda que existam estudos que comprovem, mediante certas características específicas da rede (idade, material, entre outros), que estas podem ser minimizadas através da redução da pressão (LAMBERT, 2003; THORNTON et al., 2004; FARLEY, 2008).

Assim, cabe às EG e restantes intervenientes na gestão de sistemas de distribuição de água, implementar de forma faseada e criteriosa, um plano estratégico da exploração destes sistemas, que integre a gestão de pressões, com o objectivo de avaliar qual a sua relação custo-benefício.

Um dos pressupostos do dimensionamento das redes de distribuição, consiste na garantia de um nível de pressão mínima, para as situações mais desfavoráveis de consumos, e nos pontos mais críticos do sistema. Desta forma, a gestão de pressões é essencial na fase de dimensionamento, uma vez que, através da implementação de patamares de pressão, poder-se-á desvincular a usual associação dos consumos de ponta, que normalmente estão associados a decréscimos de pressão na rede, ou então aos acréscimos de pressão em horários de menor consumo.

Durante o período nocturno, ou seja, normalmente aquele a que corresponde um característico baixo consumo, as pressões na rede tendem a aumentar, sendo possível e conveniente efectuar uma redução da pressão de serviço, de modo a reduzir o caudal mínimo nocturno (CmN), o qual, muito provavelmente, está associado à ocorrência de pequenas fugas, visto que, neste período, o consumo é praticamente nulo.

A gestão de pressões torna-se, assim, muito importante para o controlo activo de fugas, e, consequentemente, para a minimização das perdas reais. No entanto, na concepção de um programa de gestão de pressões, há que ter em atenção as seguintes questões fundamentais:

- A importância de minimizar a variação da pressão nas redes de distribuição;
- Os efeitos da gestão de pressões no consumo facturado pelas EG;
- A influência da pressão nos padrões mínimos de qualidade do serviço prestado pelas EG (e.g. reclamações);
- A garantia de pressões mínimas e máximas em quaisquer pontos dos sistemas;
- A garantia dos caudais de incêndio;
- A garantia dos caudais e pressões mínimas em edifícios altos e instalações industriais;

- Os efeitos na redução do caudal de perdas e na taxa de ocorrência de novas fugas ou roturas;
- A garantia do enchimento eficiente dos reservatórios no período nocturno;
- A garantia do correcto funcionamento das válvulas redutoras de pressão (VRP) e das bombas sobrepessoras após a alteração da pressão.

Os principais benefícios resultantes da gestão da pressão nas redes de distribuição, tendo em conta as suas características, podem ser:

- A redução do caudal de perdas;
- A redução do consumo em dispositivos sujeitos à pressão do sistema público, tais como, dispositivos de rega, chuveiros ou torneiras;
- A estabilização da pressão existente nos sistemas de abastecimento;
- A protecção da parte infra-estrutural das redes, e a redução da ocorrência de novas roturas;
- A garantia dos caudais de incêndio.

Em suma, através da gestão de pressões, é possível minimizar o número de roturas e do caudal de perdas, aumentando a eficiência do funcionamento do sistema, bem como a qualidade do serviço prestado.

Se as redes de abastecimento não forem correctamente dimensionadas, executadas, operadas e mantidas, podem ocorrer diferentes tipos de problemas, tais como:

- A redução da facturação de água;
- O funcionamento deficiente das VRP;
- A ocorrência de problemas de falta de pressão nos edifícios altos, instalações industriais e outras instalações especiais.

Salienta-se que, nem todos os sistemas apresentam margem para redução de pressões, e que, em certos casos, os níveis de pressão de serviço verificadas, são insuficientes para a manutenção de uma qualidade de serviço prestado adequado às exigências dos consumidores, e em conformidade legal.

1.2 Objectivos

Esta dissertação tem como objectivo, verificar, em contexto real, quais os efeitos resultantes da variação da pressão no sistema de distribuição de Santa Maria da Feira, nomeadamente, em zonas de medição e controlo (ZMC) previamente estabelecidas – ZMC 05420; ZMC 05120;

ZMC 03430; ZMC 48220 e ZMC 04811. Para a prossecução do objectivo referido, proceder-se-á à análise dos efeitos da variação da pressão, em vários indicadores:

- Caudal mínimo nocturno;
- Consumo facturado;
- Índice de satisfação do cliente (nº de reclamações).

1.3 Estrutura da dissertação

Para melhor desenvolvimento dos temas abordados, esta dissertação foi organizada em quatro fases:

- i. Fase 1 – Revisão literária
- ii. Fase 2 – Descrição experimental
- iii. Fase 3 – Tratamento dos resultados experimentais
- iv. Fase 4 – Discussão dos resultados e conclusões

Na Fase 1 é apresentado o estado da arte, através da análise de livros, publicações, teses e revistas científicas, que abordam o tema da gestão da pressão nos sistemas de distribuição, e a sua influência no consumo, nas fugas e na qualidade do serviço prestado aos consumidores.

São também revistos os conceitos fundamentais da gestão da água, nomeadamente, a gestão do ciclo urbano da água e a sua interligação com o ciclo natural.

A definição dos conceitos de perdas de água, caudal mínimo nocturno, telemetria, medição de consumos, ZMC, e balanço hídrico, figuram igualmente nesta fase.

Na Fase 2 é explicado o método experimental aplicado a diferentes ZMC da rede de distribuição do município de Santa Maria da Feira. Os resultados obtidos são tratados na Fase 3 da dissertação, recorrendo à formulação de gráficos e tabelas, que resumem toda a informação tratada. Na Fase 4 procede-se à análise e discussão dos resultados experimentais tratados na fase anterior, por forma a verificar a possibilidade de obter conclusões sobre o efeito da pressão no consumo de água, no caudal mínimo nocturno (ou fugas), e na qualidade do serviço prestado aos consumidores.

2. REVISÃO LITERÁRIA

2.1 Gestão de Recursos Hídricos

Para melhor compreensão da importância que a gestão de pressões nos sistemas de abastecimento exerce na gestão global de recursos hídricos, é necessário proceder-se a uma pequena introdução explicativa das seguintes matérias: o ciclo natural da água, quais os princípios de gestão dos recursos hídricos, o enquadramento legal geral dessa gestão, e as razões da necessidade da salvaguarda dos mesmos para as gerações futuras.

2.1.1 *Ciclo Natural da Água*

A água é um bem essencial para a vida, e existe na Terra nas suas três fases - sólida, líquida e gasosa -, distribuindo-se por oceanos, continentes e atmosfera.

Naturalmente, a água circula entre os oceanos, os continentes e a atmosfera, de forma cíclica, passando do estado sólido para o estado líquido, e deste para o gasoso, voltando novamente ao estado líquido, num movimento perpétuo que alimenta a vida no nosso planeta, naquele que é denominado como sendo o ciclo natural da água - Figura 2.1 -. Este ciclo ocorre há biliões de anos, e tem como catalisadores, a energia solar e a energia gravítica (naturlink.sapo.pt, 2013).



Figura 2.1 - Ciclo da água (ga.water.usgs.gov)

A transferência de água da superfície da Terra para a atmosfera, sob a forma de vapor, dá-se por evaporação directa, por transpiração das plantas e dos animais, e por sublimação (passagem directa da água da fase sólida para a de vapor de água). O vapor de água é depois transportado pela circulação atmosférica, onde ocorre a sua condensação que dá origem à formação de nuvens e nevoeiros, e à precipitação.

A energia solar é a fonte de energia térmica, necessária para a passagem da água, das fases líquida e sólida para a fase gasosa (vapor), sendo também a responsável pela circulação atmosférica, que promove o transporte do vapor de água e a deslocação das nuvens. A atracção gravítica permite a ocorrência da precipitação e do escoamento superficial e subterrâneo.

A água que precipita nos continentes pode seguir vários destinos: uma parte é devolvida directamente à atmosfera por evaporação; outra, origina o escoamento superficial, que se concentra em sulcos, cuja reunião dá lugar aos cursos de água. A parte restante infiltra-se, penetrando no interior do solo, e subdividindo-se numa parcela que se acumula na sua parte superior - que pode voltar à atmosfera por evapotranspiração -, e noutra, que se encaminha para os lençóis de água, e vai integrar o escoamento subterrâneo.

Os escoamentos, superficial e subterrâneo, originam os cursos de água que desaguardescarregam nos lagos e nos oceanos, ou podem alimentar directamente estes últimos.

O escoamento superficial constitui a resposta rápida à precipitação, e cessa pouco tempo depois desta finalizar. O escoamento subterrâneo, em especial quando se dá através de meio poroso, ocorre com lentidão, e continua a alimentar os cursos de água durante longos períodos de tempo, após ter terminado a precipitação que o originou.

2.1.2 Disponibilidade e utilizações de recursos hídricos

Em 1950, a população mundial era estimada em cerca de 2,6 bilhões de habitantes. De acordo com estimativas da ONU, a população atingiu 5 bilhões em 11 de Julho de 1987, alcançou o marco dos 6 bilhões, em 12 de Outubro de 1999, e o dos 7 bilhões em 2011. Tal crescimento deve-se a vários factores, designadamente, à evolução dos cuidados de saúde, à melhoria da qualidade da água e de abastecimento público, e à massificação da produção dos alimentos essenciais (un.org, 2013).

No entanto, este rápido e contínuo crescimento da população humana e da sua necessidade de bem-estar, resulta em profundas alterações em todos os aspectos relacionados com a qualidade de vida, tais como: a saúde e a esperança média de vida, a urbanização e o

planeamento do território, o fornecimento de alimentos e o acesso à água potável, a distribuição de riqueza e empregabilidade, entre outros.

BERTRAB (2003), afirma que a utilização dos recursos naturais será cada vez maior, em especial os recursos hídricos, uma vez que, conforme demonstra a Figura 2.2, as estimativas apontam para um aumento da população que poderá atingir os 9 bilhões até 2050.

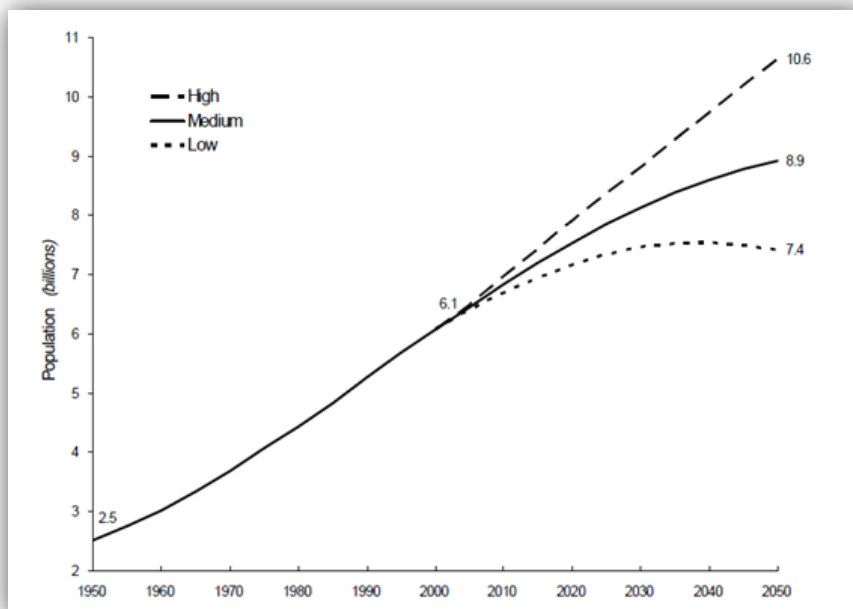


Figura 2.2 - Estimativas do crescimento populacional (un.org, 2013)

Actualmente, considera-se que nem todos os recursos naturais são renováveis, e que não é possível que estes sustentem o ritmo de crescimento populacional verificado. Os recursos naturais são finitos e, embora os esforços que estão a ser feitos para controlar o crescimento da população sejam importantes, o uso racional e eficiente desses recursos é fundamental para a sustentabilidade do planeta.

Analisando alguns dos factores que mais contribuíram para o aumento da população mundial, verifica-se que o aumento da disponibilidade de água potável e canalizada, e a recolha e tratamento de águas residuais, são os que mais importantes nesse contexto (THORNTON *et al.*, 2004). A evolução dos sistemas de tratamento de água e de águas residuais, abastecimento de água e de saneamento, permitiram o desenvolvimento dos centros urbanos, possibilitando o acesso ao saneamento básico a milhões de famílias. No entanto, segundo MCKENZIE (1999), em alguns países, principalmente os subdesenvolvidos, ou ainda não existem as infra-estruturas necessárias, para o abastecimento contínuo de água, ou a manutenção destas não é a mais adequada.

Com a crescente migração da população das zonas rurais para os centros urbanos, e os apreciáveis desenvolvimentos tecnológicos e industriais, verificam-se alterações significativas nos padrões de vida da sociedade moderna, que se têm reflectido no aumento constante da procura de água, no lançamento para o ambiente de quantidades cada vez maiores de resíduos sólidos e na emissão de poluentes gasosos.

Em 2003, a quantidade de água extraída de rios, lagos e aquíferos do nosso planeta, era de 4000 km³ por ano (Segundo RODRIGUES et al, em 1987 era de 3240 km³), com uma distribuição relativa aproximada de 70% para a produção de alimentos, 22% para uso industrial, e de 8% para uso doméstico (VIEIRA, 2003).

No entanto, a água sempre foi um recurso abundante no nosso planeta - cerca de 1400 milhões de km³ -, ainda que limitado na sua disponibilidade para utilização humana. Cerca de 97,3% corresponde a água do mar e apenas 2,7% a água doce (CUNHA, 1998). O mesmo autor apresenta os seguintes valores de distribuição de água doce no planeta:

- Gelo de calotes polares e glaciares – 77,20%
- Águas subterrâneas e humidade do solo – 22,40%
- Lagos e pântanos – 0,35%
- Atmosfera – 0,04%
- Rios – 0,01%

As águas de superfície e subterrânea, apesar de suficientes e renováveis, têm sido muitas vezes associadas ao conceito de escassez. Esta percepção deve-se, por um lado, ao carácter não uniforme da ocorrência da precipitação, ao longo de cada ano e de ano para ano, e por outro, à sua irregular distribuição espacial, que, frequentemente, não satisfaz as necessidades hídricas geradas pela actividade humana.

Segundo CUNHA (1998), a escassez de água pode resultar numa diminuição da sua oferta, num aumento da sua procura ou em limitações no seu acesso. A diminuição da oferta de água está normalmente associada a derivações de água - transferência de água de uma corrente (e.g. rio) para outra (e.g. canais de irrigação) -, ou a mudanças climáticas. Segundo RODRIGUES et al. (1987), para além das características não uniformes da existência de água na natureza, verifica-se que o aumento da sua procura tem levado a uma progressiva degradação da sua qualidade, sendo que, os padrões de qualidade da água podem vir a ser um elemento condicionante da sua disponibilidade.

O aumento da procura de água está frequentemente associado ao crescimento demográfico, ao crescimento económico, ou a uma deficiente gestão de recursos hídricos, onde estão incluídos, o desperdício e as perdas de água. As limitações do acesso à água disponível, frequentemente ligadas a situações de falta de eficiência e de equidade na utilização da água, determinam, muitas vezes, condições de escassez, apenas para certos tipos ou extractos de consumidores, podendo mesmo verificar-se, em regiões onde não exista uma escassez global

de água. CUNHA (1998) ainda refere que, numa determinada região, ocorre *stress* hídrico, quando o escoamento per capita é inferior a 1700 m³/ano, e ocorre escassez hídrica, se o seu valor for inferior a 1000 m³/ano. De notar que, atribuir estes valores fixos não é inteiramente razoável, devido aos diversos factores associados à oferta e procura da água.

De acordo com VIERA (2003), a satisfação da procura de água tem sido conseguida, através da execução, em larga escala, de grandes projectos hidráulicos, dos quais se destacam, grandes barragens e obras de captação de águas subterrâneas. Em 1950, existiam no mundo cerca de 5 000 grandes barragens (com altura superior a 15 metros), e em 2003 o seu número era aproximadamente 45 000, o que significa que, na segunda metade do século XX, construíram-se, em média, duas grandes barragens por dia. Se a estas, forem acrescentadas as cerca de 800 000 pequenas barragens existentes no mundo (com altura igual ou inferior a 15 metros), verifica-se, que, as respectivas albufeiras, representam uma capacidade de armazenamento, de cerca de 20% do escoamento total global anual. Actualmente, a sobreexploração de águas subterrâneas para abastecimento público, captando-se quantidades de água superiores àquelas que a natureza consegue repor, origina um défice, que também se repercute na alimentação natural dos rios, através do escoamento dos aquíferos.

Torna-se claro, que o homem alterou significativamente, o ciclo hidrológico e os regimes de caudais, de uma forma sem precedentes, e a uma escala global, cujas consequências só recentemente se começaram a fazer sentir. À escala da bacia hidrográfica, VIEIRA (2003) afirma que as intervenções antrópicas têm determinado várias alterações, nomeadamente, ao nível das zonas inundáveis, dos canais naturais de escoamento, da hidrodinâmica de estuários e zonas costeiras, da temperatura da água fluvial e da quantidade de sedimentos transportados, que têm como consequência, a alteração e extinção de espécies da fauna e flora autóctones.

2.1.3 Paradigmas da Gestão da Água

O princípio do desenvolvimento sustentável é a base para um adequado planeamento do uso da água. Face à absoluta dependência humana do funcionamento contínuo e equilibrado do ecossistema global, impõe-se a criação e implementação de políticas de gestão, baseadas no uso sustentável da água, de forma a satisfazer as necessidades do presente, sem comprometer, contudo, o direito das futuras gerações poderem, também, satisfazer as suas próprias necessidades.

Segundo a Lei Bases do Ambiente de 1987, o desenvolvimento auto-sustentado da utilização da água, implica:

- a) A utilização racional da água, com qualidade referida para cada fim, evitando-se todos os gastos desnecessários e aumentando-se o grau de reutilização;

- b) O desenvolvimento coordenado das acções necessárias para a conservação, incremento e optimização do aproveitamento das águas de superfície e subterrâneas, tendo por base projectos de conjunto;
- c) O estabelecimento de uma faixa de protecção ao longo da orla costeira;
- d) O desenvolvimento e aplicação das técnicas de prevenção e combate à poluição hídrica, de origem industrial, agrícola e doméstica, ou proveniente de derrames de transportes e outros veículos motorizados, bem como dos respectivos meios de coordenação das acções;
- e) As fábricas e estabelecimentos que evacuem águas degradadas directamente para o sistema de esgotos, sejam obrigadas a assegurar a sua depuração, de forma a evitar a degradação das canalizações e a perturbação e funcionamento da estação final de depuração.

O desafio que VIERA (2003) coloca é o *“de satisfazer as necessidades da sociedade actual (em energia e usos domésticos, agrícolas e industriais), bem como as suas perspectivas de evolução social e económica (crescimento populacional, desenvolvimento industrial), num cenário de crescente escassez de água, em quantidade e qualidade aceitáveis, promovendo a saúde do ambiente aquático e o serviço prestado pelo ecossistema de água doce, do qual o homem depende”*.

Na perspectiva de conservação e reutilização da água, é necessário aumentar a sua produtividade, sendo desejável que, segundo VIERA (2003), a mesma duplique nos próximos 25 anos, ou seja, que seja possível obter o dobro do benefício de cada litro de água captada no ambiente natural. Através de medidas com resultados comprovados na poupança de água (nos usos domésticos, industriais, comerciais, agrícolas e em arranjos urbanísticos, como por exemplo: redução de perdas em sistemas de abastecimento, recarga de aquíferos, despoluição de massas hídricas, aplicação de novos sistemas tarifários, reutilização de águas residuais tratadas e campanhas de educação e de informação) é possível alcançar tal objectivo.

O funcionamento do rio como um sistema ambiental, requer um enorme esforço multidisciplinar e de abrangência profissional, na determinação dos requisitos básicos do escoamento fluvial, definindo, com fiabilidade, a quantidade, a qualidade e a distribuição temporal, dos caudais necessários ao funcionamento crítico dos ecossistemas aquáticos (VIERA, 2003).

O objectivo de assegurar níveis de gestão sustentável dos recursos hídricos e dos serviços de água e saneamento, implica a necessidade de se encarar a melhoria da “governança” da água, em todos os domínios, particularmente, em situações de escassez e de condições climáticas extremas, a que acresce, o factor actual de forte carência de meios financeiros facilmente disponíveis.

2.1.4 Política da Água

Como CUNHA (1998) referiu, "*o processo de implementação de uma política de recursos hídricos deverá ser um processo amplamente participado que assegure a indispensável intervenção dos vários agentes económicos e sociais, cujos interesses e actuações mais decisivamente condicionam o estado dos recursos hídricos ou são por ele condicionados. As autarquias, as indústrias, os agricultores, as associações e os cidadãos deverão ser parceiros privilegiados na definição e implementação de uma política de recursos hídricos*". Assim, os políticos, para além de terem o objectivo de distribuírem riqueza da forma mais equitativa possível, também devem distribuir o recurso água numa base de equidade, racionalidade e protecção, tanto dos interessados, como do próprio recurso, integrando todos os utilizadores da água na definição e implementação de políticas de recursos hídricos.

Uma correcta gestão dos recursos hídricos, passa por uma adequada política de planeamento, assente numa abordagem integrada territorialmente, e numa perspectiva qualitativa e quantitativa do meio. O apoio no planeamento reveste-se da maior importância, verificada a inexistência de abundância sustentada de água, associada à sua enorme irregularidade espacial e temporal, o que obriga a uma gestão rigorosa, para além da realização de elevados investimentos em infra-estruturas. Actualmente, em Portugal, o planeamento e ordenamento dos recursos hídricos, é realizado através de três instrumentos integrados na Lei da Água, publicada em 2005:

- I. Planos especiais de ordenamento do território;
- II. Planos de recursos hídricos;
- III. Medidas de protecção e valorização dos recursos hídricos.

2.1.5 Directiva 2000/60/CE, de 23 de Outubro de 2000 – Directiva Quadro da Água (DQA)

De forma a melhor proteger os recursos hídricos, foram criadas uma série de leis, normas e directivas ao longo dos anos, sendo uma delas, a Directiva-Quadro da Água (DQA), que definiu o objectivo de "*estabelecer um enquadramento para a protecção das águas de superfície interiores, das águas de transição, das águas costeiras e das águas subterrâneas*", apelando a uma gestão integrada dos recursos hídricos.

A DQA veio revolucionar o quadro de toda a política europeia da água, tomando como ponto de partida o conceito de *continuum* hidráulico. A DQA parte do pressuposto de que os meios hídricos formam um contínuo, expresso na definição de "região hidrográfica" - a área de terra e de mar constituída por uma ou mais bacias hidrográficas vizinhas e pelas águas subterrâneas e costeiras que lhes estão associadas -. No entanto, por razões práticas, trata com autonomia as

diferentes massas de água - troços fluviais, albufeiras, estuários, águas costeiras ou aquíferos - , pois as questões da protecção e da utilização da água, colocam-se de forma distinta, consoante a massa de água em causa.

São cinco os principais aspectos inovadores da DQA:

- I. A introdução de um novo conceito de qualidade das águas – o *bom estado*;
- II. O estabelecimento da obrigatoriedade de gestão por bacia hidrográfica;
- III. A obrigatoriedade de adopção e implementação de programas de medidas, para atingir o bom estado das águas, para cada região hidrográfica, no prazo de doze anos a contar da entrada em vigor da directiva;
- IV. A assunção da regra da recuperação dos custos dos serviços hídricos;
- V. A sistematização da informação, necessária ao controlo da aplicação dos programas de medidas e promoção da participação do público para a concretização das mesmas.

A DQA aponta claramente para uma visão moderna de gestão da procura, e de gestão integrada da água no território abrangido por esta. A mesma directiva considera que a água não é um produto comercial como qualquer outro, mas um património que deve ser protegido, e tratado como tal. Esta política comunitária tem como missão, contribuir para a prossecução dos objectivos de protecção e melhoramento da qualidade do ambiente, mediante uma utilização prudente e racional dos recursos naturais, baseada nos princípios de precaução e da acção preventiva, da correcção - prioritariamente na fonte - dos danos causados ao ambiente, e do poluidor-pagador. Assim, os recursos naturais devem ser geridos, considerando as inter-relações que existem entre a água, o solo, a fauna e a flora, de forma a evitar disfunções ecológicas, que podem, inclusivamente, comprometer um desenvolvimento económico equilibrado.

Desta forma, pode concluir-se que, a gestão integrada de recursos naturais, onde a água desempenha um papel preponderante, conforme preconizado pela DQA, constitui, necessariamente, um enorme desafio às estruturas institucionais existentes, obrigando-as a repensar objectivos e modelos administrativos, que incorporem estes desígnios de gestão integrada (VIEIRA, 2003).

2.1.6 Lei 58/2005, de 29 de Dezembro – Lei da Água

A Lei da Água transpõe a DQA, e constitui o diploma fundamental do ordenamento jurídico nacional da água, estabelecendo ela própria a estrutura básica da legislação que a complementa, relativa à utilização dos recursos hídricos, e ao regime económico e financeiro da água.

Esta Lei está dividida em capítulos muito importantes para uma eficaz gestão integrada dos recursos hídricos:

- **Capítulo III** – Ordenamento e Planeamento dos Recursos Hídricos;
- **Capítulo IV** – Objectivos Ambientais e Monitorização das Águas;
- **Capítulo V** – Utilização dos Recursos Hídricos;
- **Capítulo VI** – Infra-estruturas Hidráulicas;
- **Capítulo VII** – Regime Económico e Financeiro;
- **Capítulo VIII** – Informação e Participação do Público;
- **Capítulo IX** – Fiscalização e Sanções.

Além disso, este importante instrumento jurídico, determina a criação de dez regiões hidrográficas, no quadro da especificidade das bacias hidrográficas nelas compreendidas, e de cinco administrações de região hidrográfica (ARH), com autonomia administrativa e financeira, bem como atribuições de protecção e valorização das águas no âmbito territorial de cada ARH.

O mesmo instrumento jurídico institui a Autoridade Nacional da Água, como garante nacional da consecução dos objectivos da lei, sendo investido nessa qualidade, o Instituto da Água.

2.2 Sistemas de abastecimento de água

Os sistemas de abastecimento de água, que são parte integrante do ciclo urbano da água, são essenciais para o bem-estar das comunidades. É através destes sistemas, que a água, que é captada no seu estado natural, chega ao consumidor final. Dada a sua importância e relevância para esta dissertação, segue-se uma breve descrição destes sistemas, bem como a gestão dos mesmos.

De realçar que, nesta dissertação, será alvo de profunda análise, uma das componentes de um sistema de abastecimento, mais concretamente, a rede de distribuição de água do município de Santa Maria da Feira.

2.2.1 *Ciclo Urbano da Água*

O Ciclo Urbano da Água, é o percurso que a água de consumo realiza desde a sua captação, até ao momento em que retorna ao seu meio natural, conforme ilustrado na Figura 2.3.



Figura 2.3 - Ciclo urbano da água (adra.pt, 2013)

Este percurso é composto por diversas etapas, sendo o seu objectivo principal, assegurar o abastecimento público de água, em quantidade e qualidade, e a sua restituição à natureza, com a minimização dos danos causados ao meio ambiente.

As principais etapas do Ciclo Urbano da Água são (adra.pt, 2013):

Captação - A água é recolhida em captações superficiais (rios, albufeiras e lagos) e captações subterrâneas (furos, poços e nascentes);

Adução e Tratamento da água - A água recolhida é transportada para reservatórios ou Estações de Tratamento de Água (ETA), de modo a ser tratada e poder ser utilizada para consumo humano;

Distribuição - A água é armazenada em reservatórios e, posteriormente, transportada e distribuída através de uma rede de condutas e Estações Elevatórias (EE) até aos locais de consumo;

Consumo - A alimentação, a higiene pessoal, as actividades de limpeza e de lazer são as principais utilizações domésticas da água. Também é utilizada para rega, como matéria-prima em diversos processos de fabrico, para produção de energia, e para a limpeza de equipamentos industriais;

Drenagem de águas residuais - A água, depois de utilizada, é transformada em águas residuais, que têm de ser recolhidas e transportadas através da rede de drenagem, até à Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR);

Tratamento de águas residuais - As águas residuais recolhidas são tratadas nas ETAR, de modo a que possam ser devolvidas ao meio ambiente, em condições ambientais legalmente estabelecidas;

Devolução - As águas residuais tratadas são devolvidas ao meio receptor (normalmente rios, mares e oceanos), em condições ambientais seguras, minimizando o impacto no meio ambiente natural, e permitindo a sua reutilização, por exemplo, para a rega.

2.2.2 Sistemas de abastecimento de água

Um sistema de abastecimento, representado na Figura 2.4, é o conjunto de equipamentos e instalações, responsáveis, pela captação, tratamento, transporte, armazenamento, e distribuição de água potável, com o fim de assegurar o abastecimento de água, para consumo doméstico, industrial, e de serviços públicos, entre outros. Dele fazem parte:

- a) **Captação** - instalação onde a água é retirada da sua origem natural;
- b) **Posto de Cloragem (PC) e/ou Estação de Tratamento de Água** – instalações onde a água é tratada, de modo a obter a qualidade necessária para ser consumida;
- c) **Reservatório** - instalação onde a água é armazenada;
- d) **Estação Elevatória** - instalação onde a água é bombeada (ou elevada) para zonas situadas a altitudes superiores;
- e) **Conduta adutora** - tubagem que transporta a água, desde a captação até à rede de distribuição, ligando os vários equipamentos e instalações;
- f) **Rede de distribuição** – conjunto de condutas, em regra instaladas na via pública, que transportam a água até aos ramais de ligação, os quais asseguram o abastecimento de água às habitações e outros locais de consumo. As redes de distribuição podem ser ramificadas, malhadas ou mistas, conforme as ligações dos diversos troços.

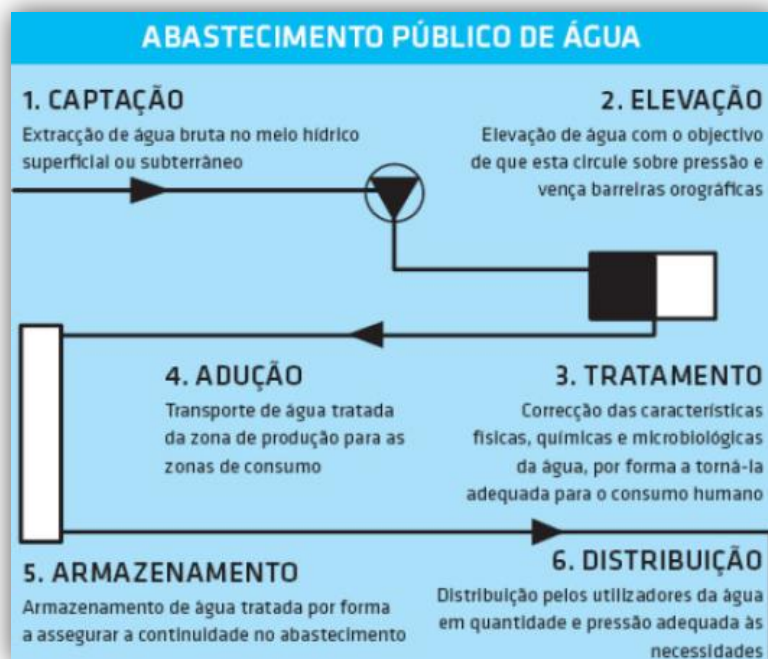


Figura 2.4 - Abastecimento público de água (ersar.pt, 2013)

O abastecimento de água é realizado por sistemas em alta e sistemas em baixa. Nos sistemas em alta, estão integrados a captação, o tratamento e a adução e, por vezes, o armazenamento da água em reservatórios de entrega. Por sua vez, nos sistemas em baixa, estão integrados as componentes relacionadas com a distribuição de água à população, os respectivos ramais de ligação, e os reservatórios de entrega, nos casos em que, por acordos previamente estabelecidos, não façam parte da rede em alta.

A classificação de sistemas, que esteve na origem da criação dos sistemas multimunicipais, maioritariamente responsáveis pela alta, e dos sistemas municipais, maioritariamente responsáveis pela baixa, corresponde, respectivamente, às actividades grossista e retalhista de abastecimento de água.

A Figura 2.5 representa a identificação das EG responsáveis pelo abastecimento de água em alta, em Portugal continental, e dos municípios onde operam; a Figura 2.6 representa o número deste tipo de EG existentes por município, no mesmo universo territorial.

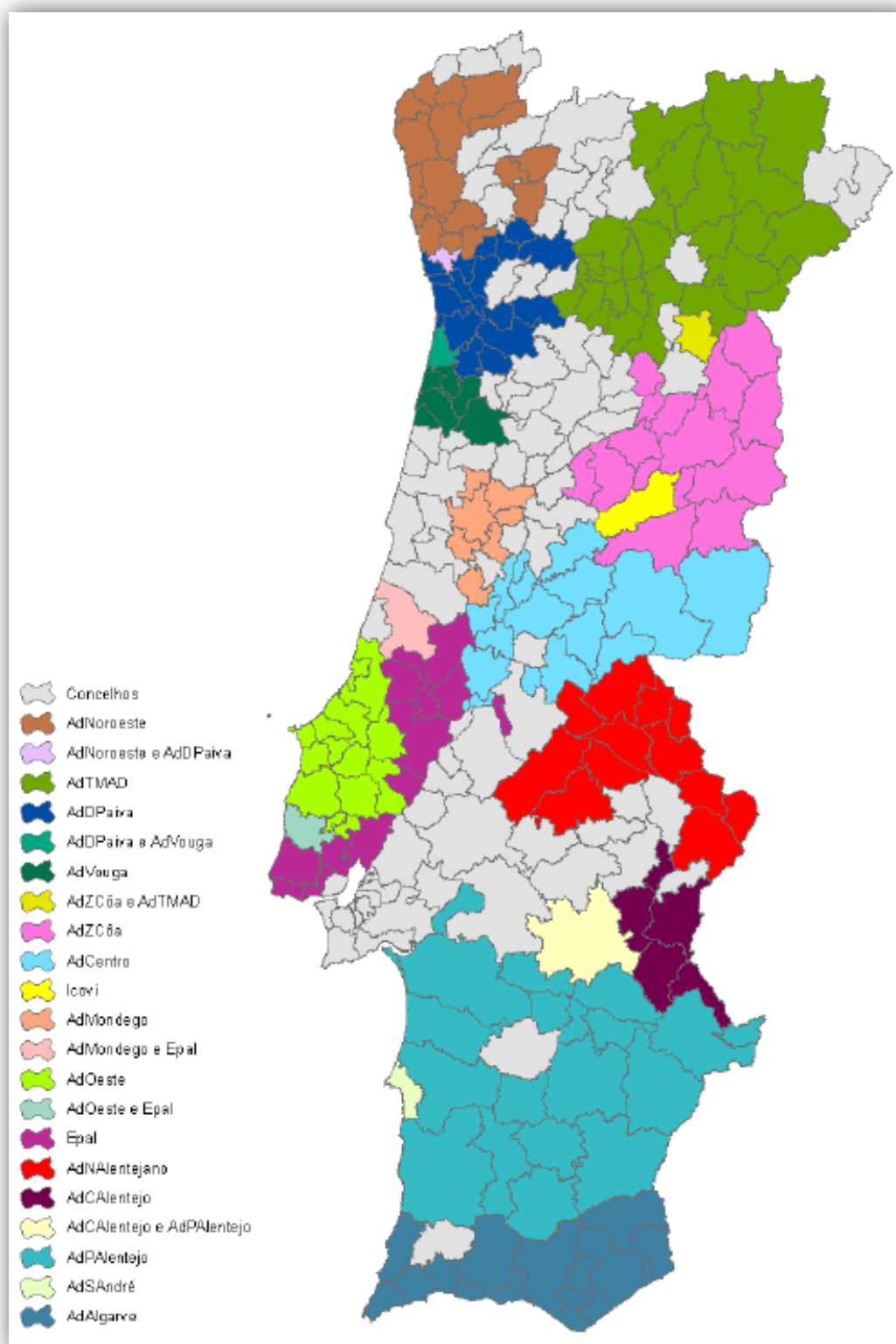


Figura 2.5 – Identificação das EG responsáveis pelo abastecimento de água em alta, em Portugal continental, e os municípios onde operam. Dados referentes a 2011. (ersar.pt, 2013)

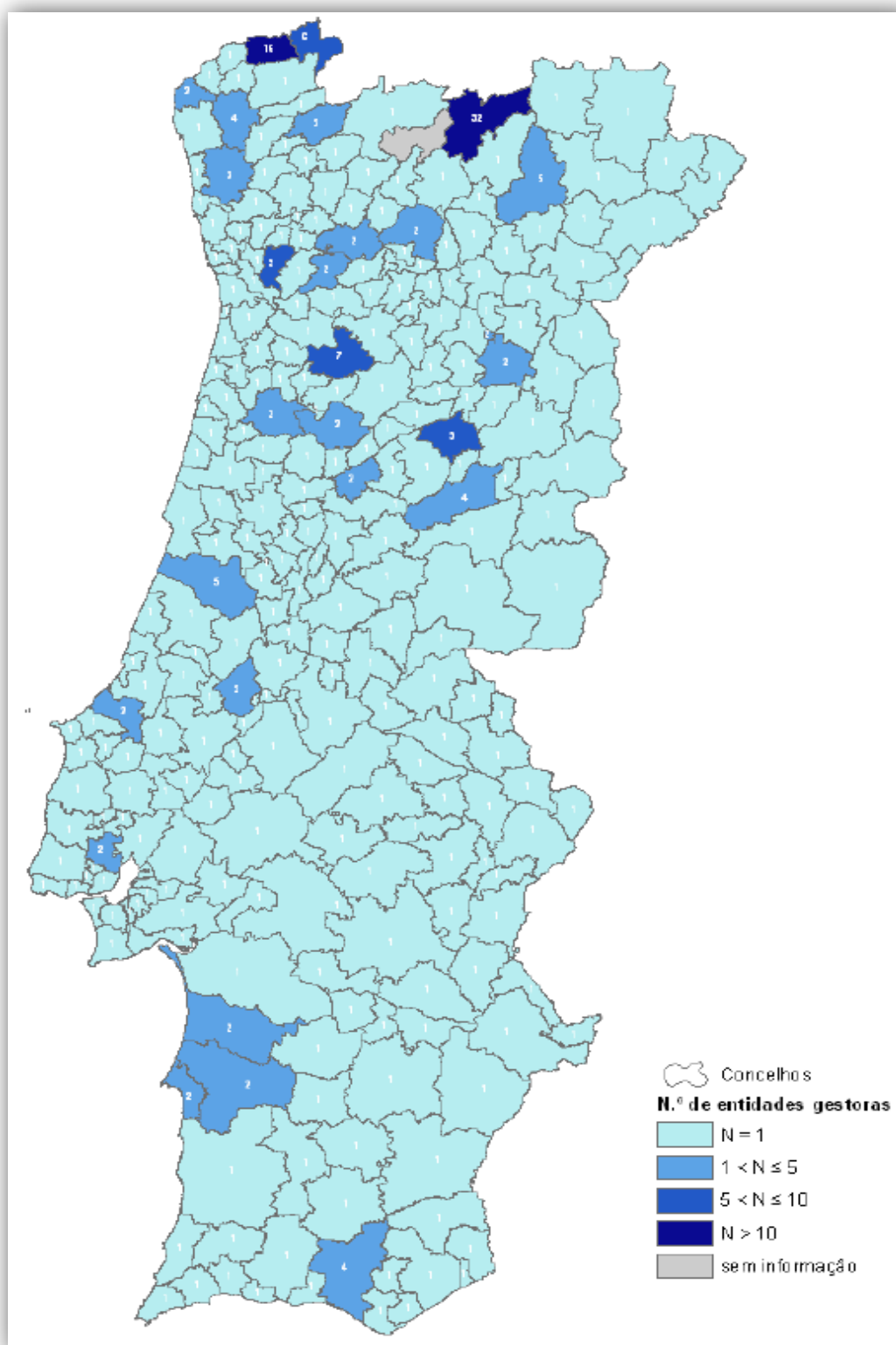


Figura 2.6 - Número de EG responsáveis pelo abastecimento em alta, por concelho, em Portugal continental. Dados de 2011. (ersar.pt, 2013)

2.2.3 Sistema de abastecimento de Santa Maria da Feira

O abastecimento de água de Santa Maria da Feira (SMF) é realizado por duas EG, a Águas do Douro e Paiva, S.A., responsável pelo abastecimento em alta, e a INDAQUA Feira, S.A., responsável pelo abastecimento em baixa. Caracterizam-se, de seguida, estas duas entidades:

➤ **Águas do Douro e Paiva, S.A (AdDP) – Sistema de abastecimento em alta**

A AdDP foi constituída em 29 de maio de 1995, e é concessionária - no período de 1996 a 2026 - do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Sul do Grande Porto, sendo a responsável pelo abastecimento de água em alta a 20 municípios: Amarante, Arouca, Baião, Castelo de Paiva, Cinfães, Espinho, Felgueiras, Gondomar, Lousada, Maia, Matosinhos, Oliveira de Azeméis, Ovar, Paços de Ferreira, Paredes, Porto, Santa Maria da Feira, São João da Madeira, Valongo e Vila Nova de Gaia. Este sistema serve 1,8 milhões de utilizadores finais, e uma área de influência de 2.716 km². Tem como accionista maioritário a Águas de Portugal, SGPS, SA, sendo que os restantes accionistas, são todos os municípios acima referidos (addp.pt, 2013)

Em 2012, o volume anual de água captada para abastecimento, foi aproximadamente 103 467 milhares de metros cúbicos, enquanto que, o volume de água que foi distribuído aos clientes, atingiu o valor total de 100 926 milhares de metros cúbicos, inferior ao captado, devido à ocorrência de cerca de 2,4% de perdas de água (Figura 2.7). A tarifa adoptada foi de 0,3593 €/m³, considerada a mais baixa a nível nacional, tendo o valor de vendas superado o montante de 36,3 milhões de euros (addp.pt, 2013).

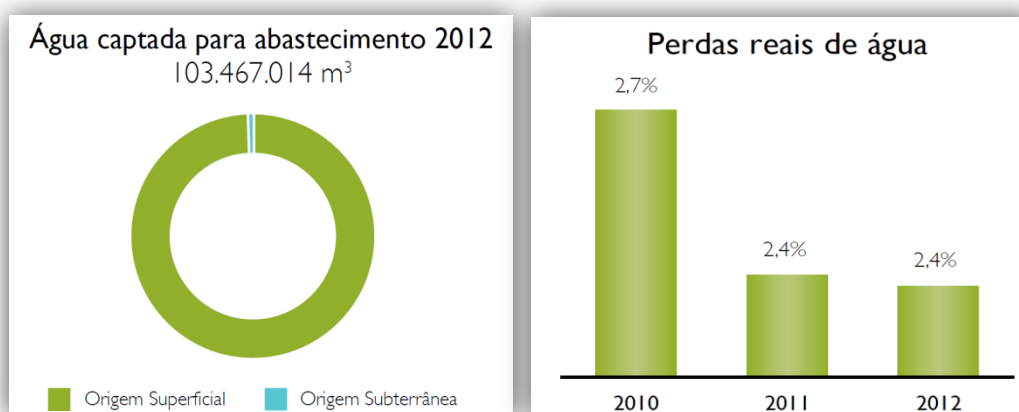


Figura 2.7 - Água captada e perdas de água (addp.pt, 2013)

A actividade de abastecimento aos 20 municípios clientes do sistema da AdDP, tem uma cobertura do serviço, de 100%, para 18 dos 20 municípios abastecidos. Em relação a

Amarante e a Baião, o nível de cobertura ainda não atingiu os valores finais, uma vez que os investimentos encontram-se ainda em curso.

O sistema de abastecimento em funcionamento, com 7 captações de água (rios Douro, Paiva, Ferro, Vizela, Ferreira, Ovil e captação subterrânea em Ovar), desenvolve-se ao longo de cerca de 488 km de adutoras e inclui 5 ETA, 11 estações de cloragem/recloragem, 30 EE e 33 Reservatórios - Figura 2.8 -.

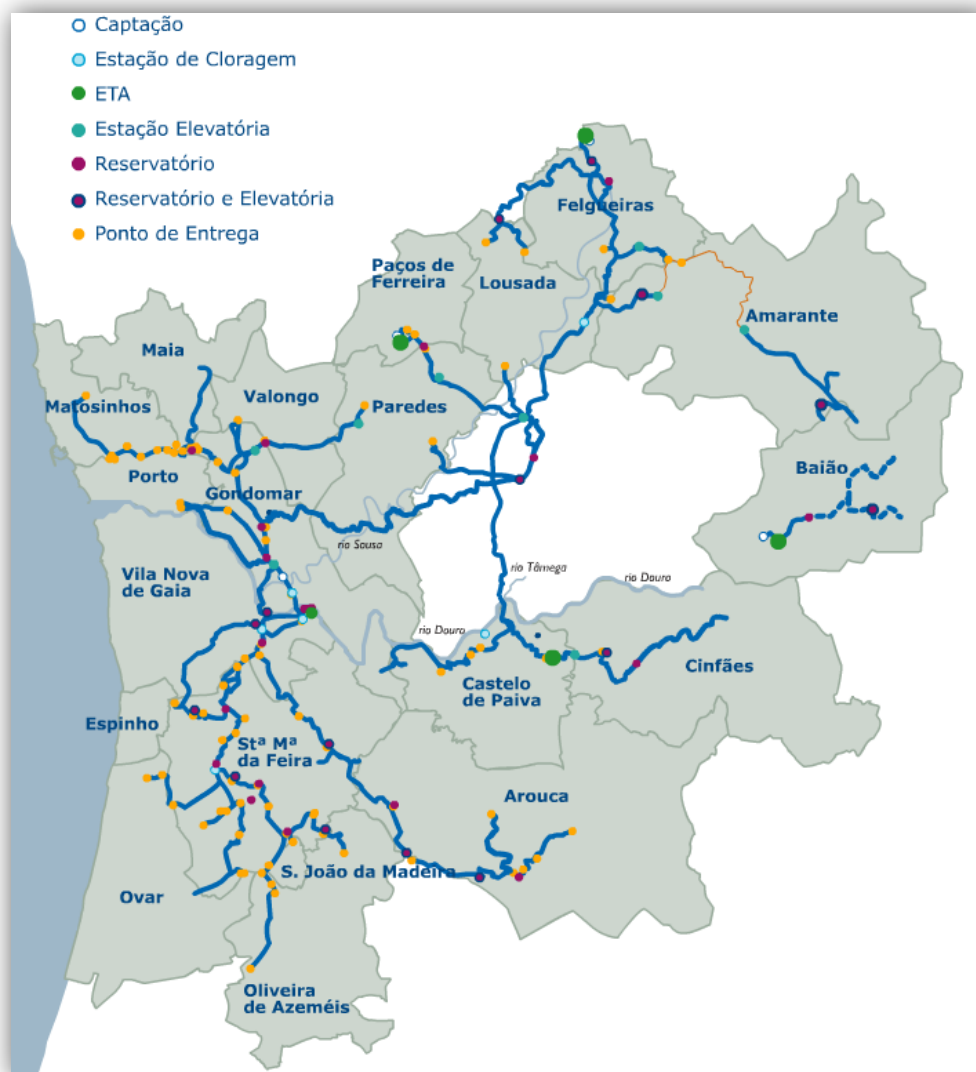


Figura 2.8 - Municípios abastecidos pela AdDP e respectivas infra-estruturas (addp.pt, 2013)

No que respeita concretamente a Santa Maria da Feira, este município é abastecido através de 7 reservatórios e 21 pontos de entrega, tendo a AdDP fornecido, em 2012, um volume de 4.733 milhares de metros cúbicos.

➤ **INDAQUA Feira, S.A. – Sistema de abastecimento em baixa**

Grupo INDAQUA, S.A.

A INDAQUA Feira, S.A., é uma empresa concessionária, que actua no sector do abastecimento de água, sendo esta pertencente ao grupo empresarial INDAQUA, S.A. (Industria e Gestão de Água, S.A.)

A INDAQUA, S.A., é um grupo empresarial português, integralmente detido por accionistas portugueses, que resulta de uma parceria estratégica para o sector da água, entre alguns grandes grupos económicos nacionais, com competências em diferentes áreas de negócio, e com grande presença internacional. Este grupo foi criado para operar, essencialmente, no âmbito das concessões municipais e parcerias público-privadas (PPP), representando uma clara aposta na área do ambiente em geral, e na gestão do sector da água em particular, integrando captação, tratamento, transporte e distribuição de água, e recolha, drenagem e tratamento de águas residuais.

A INDAQUA, S.A., tem participado, desde 1994, em todos os concursos públicos relevantes para atribuição de concessões municipais, tendo ganho o primeiro contrato, no Município de Fafe, em 1996. Actualmente, opera em 6 municípios do norte de Portugal - Figura 2.9 -, através das respectivas concessionárias (ine.pt, 2013; indaqua.pt, 2013):

- **INDAQUA Fafe, S.A.** - Concessão dos serviços municipais de captação (até 2008), tratamento e distribuição de água no Município de Fafe (50.633 habitantes);
- **INDAQUA Santo-Tirso/Trofa, S.A.** - Concessão dos serviços municipais de distribuição de água nos Municípios de Santo Tirso e Trofa (110.529 habitantes);
- **INDAQUA Feira, S.A.** - Concessão dos serviços municipais de distribuição de água, recolha e tratamento de águas residuais no Município de Santa Maria da Feira (139.312 habitantes);
- **INDAQUA Matosinhos, S.A.** - Concessão dos serviços municipais de distribuição de água e recolha e tratamento de águas residuais no Município de Matosinhos (175.478 habitantes);
- **INDAQUA Vila do Conde, S.A.** - Concessão dos serviços municipais de distribuição de água e recolha de águas residuais no Município de Vila do Conde (79.533 habitantes);
- **Águas de São João, E.M., S.A.** - Parceria público-privada na empresa municipal de distribuição de água e recolha de água residual no Município de S. João da Madeira (21.713 habitantes);

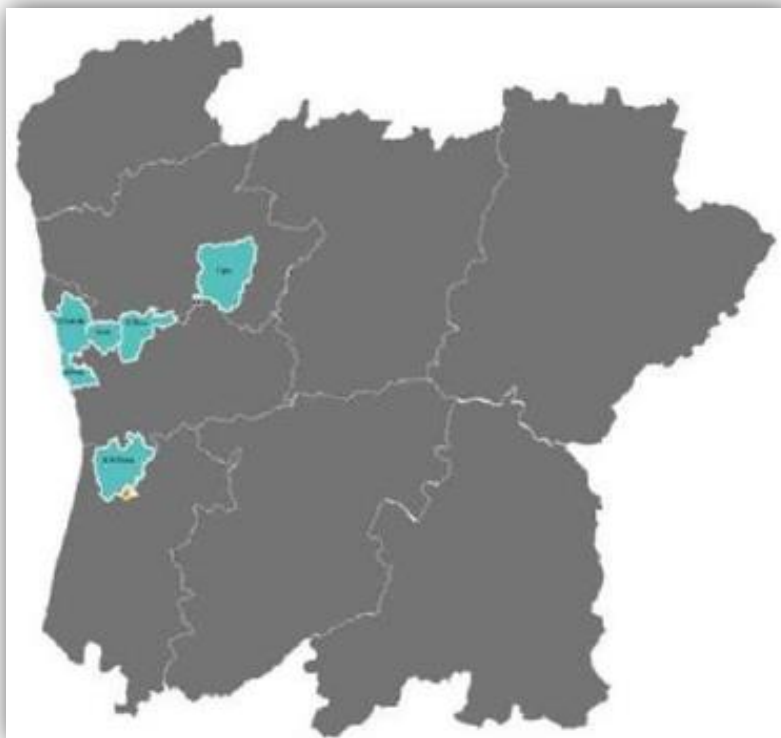


Figura 2.9 – INDAQUA, S.A. em Portugal (MOREIRA, 2011)

Em 2012, a INDAQUA, S.A., ganhou o concurso público para a concessão de serviços municipais, nomeadamente, a exploração e gestão dos serviços de distribuição de água e da recolha, tratamento e rejeição de águas residuais no município de Oliveira de Azeméis (68.611 habitantes), constituindo a concessionária INDAQUA Oliveira de Azeméis, S.A.

Verifica-se assim, um aumento da participação da INDAQUA, S.A., no mercado português, servindo cerca de 200 000 clientes, num universo populacional de cerca de 646 000 habitantes (incluindo Oliveira de Azeméis). Possui igualmente o controlo directo das suas empresas concessionárias, com uma participação social nunca inferior a 97%, e assume-se ainda como parceira dos municípios, nas empresas municipais através de PPP.

A nível internacional, a INDAQUA, S.A., como accionista maioritário, gere, desde 2009, a VISTA WATER, empresa de direito Angolano, integralmente focada no sector da Água e Saneamento em Angola. Gere também a ETAR de Macau – que serve cerca de 550 000 pessoas -, numa operação que consiste no desenvolvimento e manutenção da estrutura, nos próximos cinco anos (indaqua.pt, 2013).

INDAQUA Feira, S.A. (IF)

A IF foi constituída em 12 de Março de 1999, tendo por objecto o exercício em regime de concessão, das actividades de indústria e prestação de serviços relativos à exploração e gestão conjunta dos serviços públicos municipais de tratamento e distribuição de água para consumo público e de recolha, tratamento e rejeição de efluentes residuais no Concelho de Santa Maria da Feira, incluindo a construção, extensão, reparação, renovação, manutenção e melhoria de todas as instalações, infra-estruturas e equipamentos que integram os sistemas concessionados, bem como a realização de todas as obras necessárias à execução do Plano de Investimentos, no âmbito da concessão, e que consta no Contrato de Concessão, assinado a 3 de Dezembro de 1999 (indaqua.pt, 2013).

A IF opera no concelho de SMF, pertencente ao distrito de Aveiro, situada na grande Área Metropolitana do Porto, região Norte e sub-região de Entre Douro e Vouga. Este município é limitado a norte pelos municípios de Vila Nova de Gaia e de Gondomar, a leste por Arouca, a sudeste por Oliveira de Azeméis e São João da Madeira, a sudoeste por Ovar e a oeste por Espinho, conforme se encontra representado na Figura 2.10.

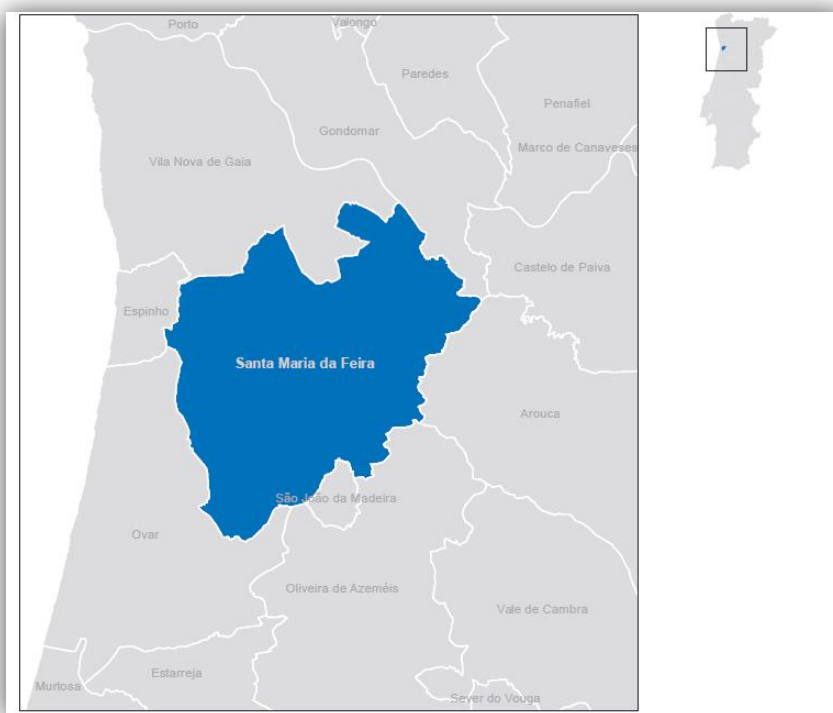


Figura 2.10 – Concelho de Santa Maria da Feira

Com uma área de 213,45 km² e 139 313 habitantes, o concelho de SMF está subdividido em 31 freguesias: Argoncilhe, Arrifana, Caldas de São Jorge, Canedo, Escapães, Espargo, Fiães, Fornos, Gião, Guisande, Lobão, Louredo, Lourosa, Milheirós de Poiares, Mozelos, Mosteiró,

Nogueira da Regedoura, Paços de Brandão, Pigeiros, Rio Meão, Romariz, Sanfins, Sanguedo, Santa Maria da Feira, Santa Maria de Lamas, São João de Ver, São Paio de Oleiros, Souto, Travanca, Vale e Vila Maior (Figura 2.11).



Figura 2.11 - Mapa das freguesias do Concelho de Santa Maria da Feira

Segundo o Instituto Nacional de Estatística, a população de SMF divide-se em 48 957 famílias, com uma dimensão média de 2,8 pessoas por família, sendo que, em termos de acesso à água, a realidade neste município é a seguinte:

- Água canalizada proveniente da rede pública – 29 571 famílias (60,4%);
- Água canalizada proveniente da rede particular – 18 865 famílias (38,5%);
- Água canalizada fora do alojamento mas disponível no edifício – 69 famílias (0,1%);
- Sem água canalizada no alojamento ou edifício – 452 famílias (0,9%).

Até o ano de 1999 – data de início da concessão à IF, para a gestão do sistema de abastecimento de água de SMF -, o número de clientes ligados à rede pública, era de 12 808 clientes, representando apenas 25% do universo total. Após o início da concessão, e através de um avultado projecto de investimento, houve um aumento constante dessa taxa, que atingiu os 97% em 2012, com cerca de 44 070 clientes ligados à rede pública, conforme verificado na Figura 2.12.

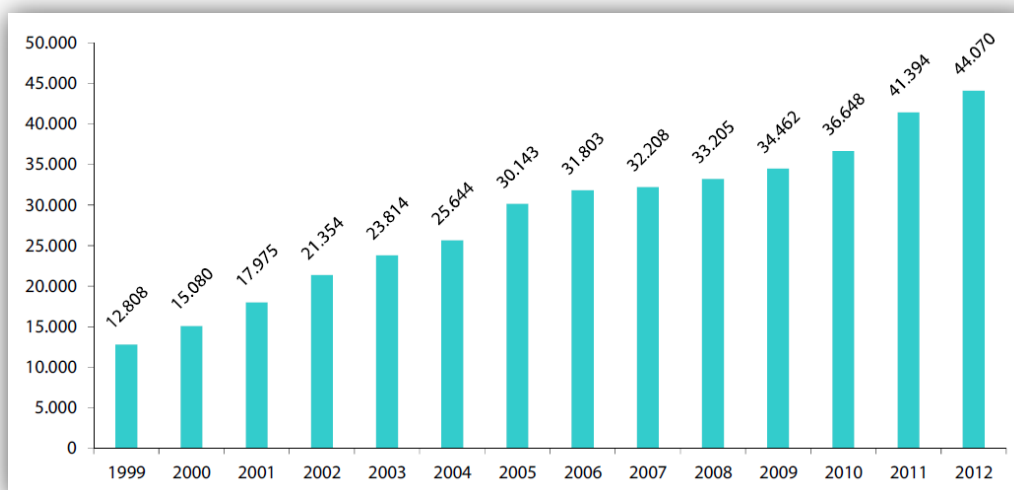


Figura 2.12 - Número de clientes de água desde o início da concessão (indaqua.pt, 2013)

Tendo como objectivo, servir a totalidade do Concelho, com uma população de quase 140 000 habitantes, o Contrato de Concessão prevê a concretização, a cargo da IF, de um Plano de Investimentos, orçado em mais de 100 milhões de Euros (a preços de 1997), em infra-estruturas de abastecimento de água e saneamento, incluindo concepção e construção. Para além da construção de infra-estruturas em todo o Concelho, o contrato de concessão inclui, a realização de um significativo investimento na capacidade organizativa e operacional dos serviços públicos, com evidente repercussão na melhoria da qualidade do serviço prestado ao consumidor (indaqua.pt, 2013).

A Concessão teve, no início, um período de 35 anos; porém, esse prazo foi alargado, em 2006, para 50 anos, devido a problemas de financiamento da Concessão, motivado pelo atraso no cumprimento, por parte do Concedente, nomeadamente no que respeita à construção de ETAR, Emissários e Reservatórios. No final de 2009, estava concluído, todo o investimento em redes de abastecimento de água, e cerca de 55% do investimento previsto em redes de saneamento em baixa. Em 2012, concluiu o cumprimento do Plano de Investimentos referente no sistema de distribuição de água (indaqua.pt, 2013).

A IF gere actualmente cerca de 1 074 km de rede de abastecimento de água em baixa - Figura 2.13 -, sendo o abastecimento em alta, da responsabilidade da AdDP, como já foi referido.

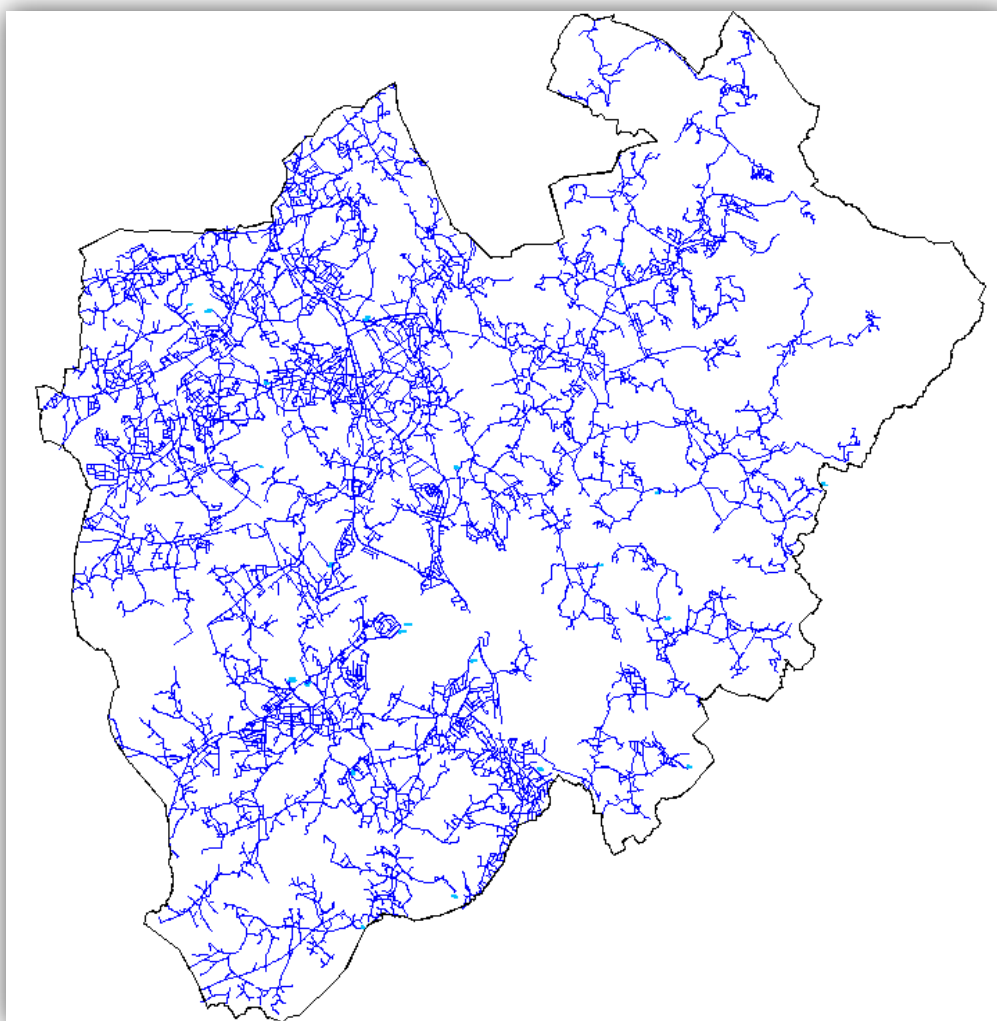


Figura 2.13 - Rede geral de água do Concelho de Santa Maria da Feira

Além dos 1 074 km de rede, o sistema de abastecimento em baixa é composto por:

- 24 Reservatórios;
- 24 Subsistemas de Abastecimento
- 58 Zonas de Medição e Controlo;
- 49 105 Ramais.

Este sistema serve, no total, 44 070 clientes, que correspondem aos seguintes tipos:

- 38 770 Domésticos;
- 3 834 Comerciais e Industriais;
- 395 Estado e Autarquias;
- 108 Instituições e Utilidade Pública;
- 945 Contadores de Obras

- 18 Outros clientes.

Descrevem-se de seguida os 24 subsistemas acima referidos:

- R06 – Mozelos, Nogueira da Regedoura, Paços de Brandão, São Paio de Oleiros;
- R11/12 – Mozelos, Paços de Brandão, Rio Meão, Santa Maria de Lamas, São João de Ver;
- R34 – Canedo, Gião, Lobão e Vila Maior;
- R38 – Canedo, Gião, Guisande, Lobão, Louredo e Vale;
- R39 – Louredo, Romariz e Vale;
- R40 – Argoncilhe, Mozelos, Nogueira da Regedoura e Sanguedo;
- R42 – Mozelos, Nogueira da Regedoura, Santa Maria de Lamas e São Paio de Oleiros;
- R44 – Caldas de São Jorge e Lobão;
- R45 – Argoncilhe, Fiães, Lobão, Lourosa, Mozelos, Sanguedo e Vila Maior;
- R46 – Mozelos e Santa Maria de Lamas;
- R47 – Rio Meão e São João de Ver;
- R48 – Santa Maria da Feira e São João de Ver;
- R48_1 – Espargo; Santa Maria da Feira e Travanca;
- R48_2 – Santa Maria da Feira e São João de Ver;
- R49 – Arrifana, Escapães, Fornos, Sanfins, Santa Maria da Feira, Souto e Travanca;
- R50 – Souto;
- R51 – Caldas de São Jorge, Fiães, Lourosa, Sanfins, Santa Maria da Feira e São João de Ver;
- R52 – Arrifana, Escapães, Fornos e Sanfins;
- R53 – Arrifana, Mosteiró e Souto;
- R54 – Arrifana e Milheirós de Poiares;
- R55 – Milheirós de Poiares;
- R55' – Milheirós de Poiares e Romariz;
- R56 – Caldas de São Jorge, Guisande, Lobão e Pigeiros;
- R57 – Romariz.

Conforme mencionado anteriormente, tem-se verificado um aumento do número de clientes, do sistema de abastecimento de água concessionado, devido à obrigatoriedade legal de ligação à rede pública, bem como a campanhas de sensibilização da população. No entanto, constata-se uma tendência para a redução do volume de água consumida - Figura 2.14 -, a qual poderá estar relacionada com várias causas, nomeadamente, com a crescente preocupação ambiental da população, em relação à preservação de recursos hídricos e, talvez o factor principal, com a grave crise financeira que o país atravessa, o que leva a população a poupar no consumo da água.

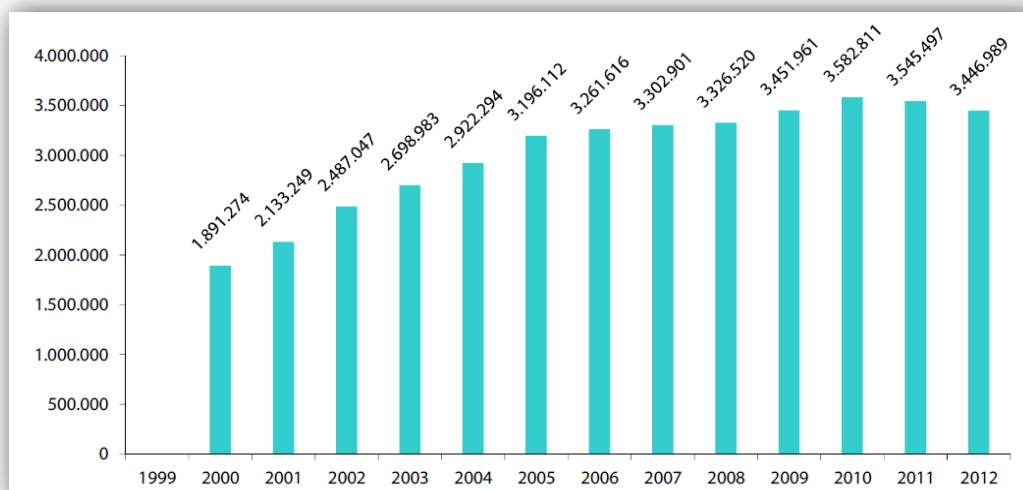


Figura 2.14 - Evolução do volume de água facturado, desde o início da concessão (indaqua.pt, 2013)

Em termos de balanço hídrico, respeitante ao ano de 2012, a IF comprou 4 732 914 m³ de água - que corresponde ao volume que entrou no sistema -, através das adutoras da AdDP, e vendeu 3 446 989 m³. Esta disparidade de valores (-1 285 925 m³) ocorreu, devido a perdas de água no sistema de abastecimento em baixa. O total de perdas de água verificado foi de 27,2%, que corresponde a um valor superior ao mínimo histórico registado desde o início da concessão, como se pode constatar pela análise da Figura 2.15.

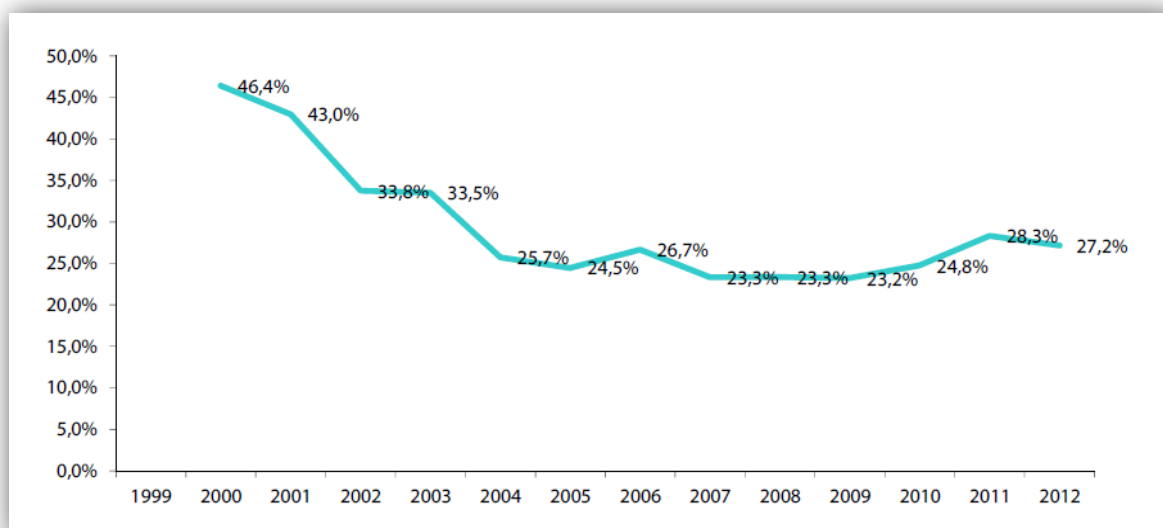


Figura 2.15 - Perdas de água desde o início da concessão (indaqua.pt, 2013)

Este problema tem merecido especial atenção por parte da IF, que tem como um dos principais objectivos, baixar o nível de perdas para valores mais sustentáveis, uma vez que a tendência é para que a captação de água diminua nos próximos anos, afectando negativamente os benefícios económicos da empresa.

A melhoria da qualidade da água é uma das prioridades da IF, que realiza um rigoroso controlo permanente, através da recolha sistemática de amostras de água, que são analisadas em laboratórios acreditados, de acordo com o respectivo Programa de Controlo da Qualidade da Água, aprovado pela Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR). De acordo com os critérios de qualidade estipulados pelo Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de Agosto, não se verificou, em 2012, qualquer incumprimento relativamente aos valores paramétricos, correspondendo, desta forma, a uma taxa de conformidade de 100% (indaqua.pt, 2013).

A qualidade do serviço prestado pela concessionária, avaliada através do nível de incidência de reclamações por parte dos consumidores, aumentou consideravelmente em 2012, uma vez que o número de reclamações apresentadas durante esse período, reduziu em mais de 50% em comparação com o ano anterior. As principais causas das reclamações registadas, correspondem à falta de pressão e aos erros de medição do consumo. A interrupção no fornecimento de água, constitui outra causa de reclamações.

2.2.4 Políticas de gestão de sistemas de abastecimento

Em Portugal, até 1993, os serviços de abastecimento público de água, foram assegurados e geridos exclusivamente pela Administração Local, estando vedados a empresas privadas. A entrada em vigor do Decreto-Lei nº 372/93 de 29 de Outubro, veio alterar este paradigma, possibilitando que a gestão e exploração destes serviços fossem realizadas “ *em regime de concessão, a outorgar pelo Estado, por empresas que resultem da associação de entidades do sector público, designadamente autarquias locais, em posição obrigatoriamente maioritária no capital social da nova sociedade, com outras entidades privadas*”.

Esta abertura ao sector privado, veio, em alguns casos, possibilitar acréscimos de investimento e eficiência. Assim, na componente em alta, o PEAASAR II (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais), elaborado para o período de 2007-2013, considera importante o incentivo à contratação de empresas prestadoras de serviços (*outsourcing* de operação e manutenção), visando uma mais-valia financeira e uma maior eficácia operativa. Nos sistemas em baixa, o mesmo Plano, considera desejável a remoção de eventuais barreiras à entrada de novos agentes, assegurando condições de acesso transparentes, não discriminatórias e devidamente reguladas. Nesta componente - em

baixa -, também se privilegia a participação de privados, que se dediquem exclusivamente à operação e à manutenção.

Nos casos de titularidade estatal, os modelos de gestão passíveis de serem adoptados, face à legislação em vigor, são: a) Gestão directa pelo Estado, não existindo, actualmente, qualquer caso; b) Delegação pelo Estado em terceira entidade, como sucede com a EPAL; c) Concessão pelo estado em terceira entidade, como sucede com os serviços multimunicipais concessionados (ersar.pt, 2013).

Nos casos de titularidade municipal, os modelos de gestão passíveis adoptados, segundo a ERSAR, são: a) Gestão directa do serviço pelo município, como é o caso dos serviços municipais e dos serviços municipalizados; b) Delegação do serviço em empresa constituída em parceria com o Estado, como é o caso das PPP; c) delegação do serviço pelo município em entidade integrada no respectivo sector empresarial, a que correspondem as empresas criadas pelos municípios, ou em freguesias ou associações de utilizadores; d) Concessão do serviço pelo município em empresa, como sucede com todos os sistemas municipais concessionados (ersat.pt, 2013). Na Tabela 2.1 é possível verificar os diferentes modelos de gestão deste tipo de sistemas.

Tabela 2.1 - Modelos de Gestão utilizadas no sector. Adaptado de MONTEIRO et al. (2010), e ersar.pt (2013)

MODELOS DE GESTÃO UTILIZADOS EM SISTEMAS DE TITULARIDADE ESTADUAL		
MODELO	ENTIDADE GESTORA	TIPO DE PARCERIA
Gestão directa	Estado	Sem parceria
Delegação	Empresa pública	Sem parceria
Concessão	Entidade concessionária multimunicipal	Parceria Público-Privada (PPP)
MODELOS DE GESTÃO UTILIZADOS EM SISTEMAS DE TITULARIDADE MUNICIPAL OU INTERMUNICIPAL		
MODELO	ENTIDADE GESTORA	TIPO DE PARCERIA
Gestão directa	Serviços municipais	Sem parceria ou com PPP no caso de serviços
	Serviços municipalizados	Sem parceria ou com PPP no caso de serviços
	Associação de municípios	PPP (vários municípios)
Delegação	Empresa municipal pública	Sem parceria
	Empresa Intermunicipal pública	PPP (vários municípios)
	Empresa municipal ou intermunicipal de capitais	PPP (município(s) e outras entidades públicas)
	Empresa municipal ou intermunicipal de capitais maioritariamente públicos	PPP (município(s), outras entidades públicas e entidades privadas)
	Junta de freguesia e associação de utilizadores	PPP (município e junta de freguesia)
Concessão	Entidade concessionária municipal	PPP (município entidade privada)

A gestão dos sistemas de abastecimento, promove serviços de interesse geral e de interesse económico geral, sendo estes serviços, essenciais, uma vez que proporcionam o bem-estar dos cidadãos, a protecção do ambiente, a saúde pública geral e actividades económicas. MONTEIRO et al. (2010), realçam que, deve-se obedecer a um conjunto de princípios, entre os quais a universalidade de acesso, a continuidade e a qualidade do serviço, bem como a eficiência e a equidade de preços.

No entanto, há que ter em atenção que neste sector de gestão de sistemas de abastecimento de água, imperam os monopólios naturais. Segundo MONTEIRO et al. (2010), isto acontece porque: a) por razões tecnológicas, uma única entidade é responsável pela gestão desses sistemas numa determinada região, não havendo praticamente produtos de substituição, e b) exige investimentos extremamente avultados, com longos períodos de recuperação do capital e com uma elevada imobilização. Deve-se assim, promover sempre que possível, a concorrência no mercado, permitindo a existência de um número razoável de operadores independentes neste sector de actividade.

Por último, salienta-se que, outra das características que definem este sector, é a sua baixa elasticidade preço-procura, devido ao seu carácter de primeira necessidade, o que significa que os utilizadores não podem prescindir de consumir água abaixo de determinados volumes, mesmo que o seu preço aumente, dada a escassez de produtos de substituição.

2.3 Balanço Hídrico num Sistema de Abastecimento

Um balanço hídrico anual, é normalmente utilizado para calcular a magnitude das perdas de água e suas componentes (descritas no capítulo 2.4). Contudo, devido à grande diversidade de métodos de cálculo e de definições dos conceitos associados, era impossível estabelecer comparações nacionais e internacionais, no que diz respeito ao desempenho na gestão de perdas. Assim, o IWA (International Water Association) definiu um padrão de termos e de cálculos do balanço hídrico, essencial no campo da gestão de perdas de água (LAMBERT, 2003).

Por norma, e para que o balanço hídrico seja bem efectuado, o período de cálculo deve corresponder a 12 meses. Tendo em conta a Figura 2.16, onde é ilustrado o balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água, referenciando-se as principais entradas e saídas de água, desde a captação de água bruta até ao consumo de água pelos clientes, é necessária uma definição global dos principais conceitos (ALEGRE et al., 2005).

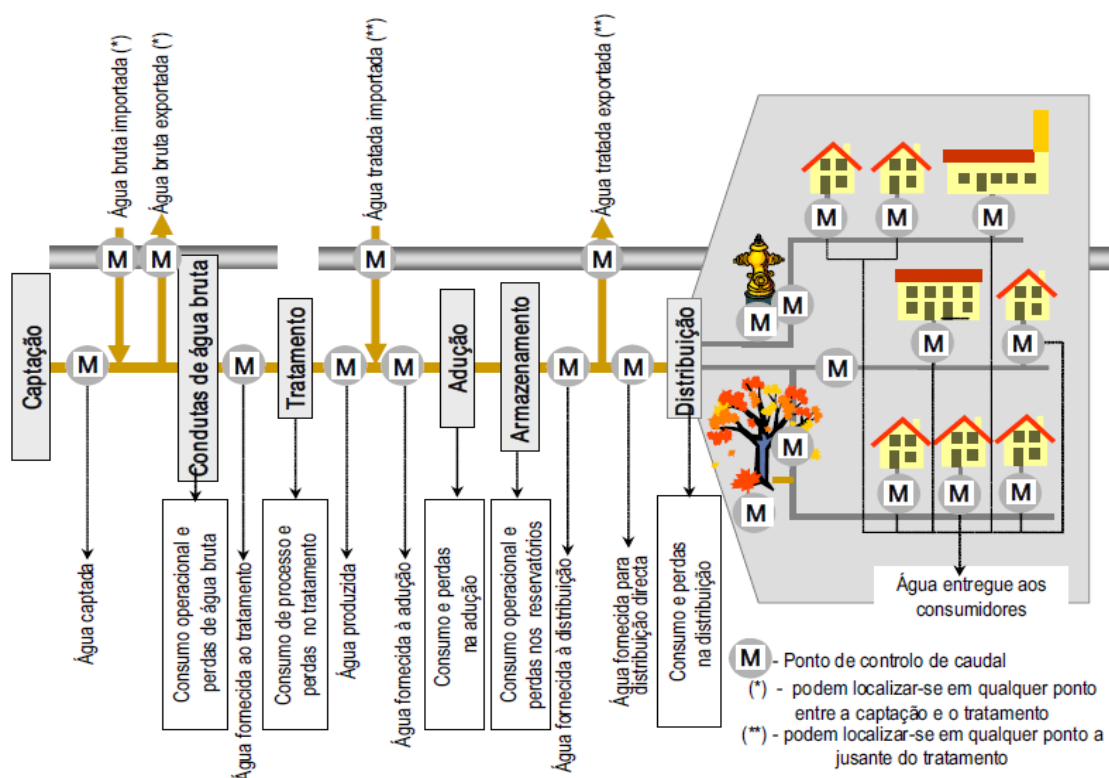


Figura 2.16 - Componentes do balanço hídrico e localização dos pontos de controlo do caudal (ALEGRE et al., 2005)

As definições dos termos ilustrados na Figura 2.16, estão expressas em termos anuais, de acordo com ALEGRE et al (2005), por ser esta a base aconselhável para a realização de auditorias de perdas e pela facilidade de exposição, mas podem, naturalmente, ser adaptadas para outros períodos de tempo:

Água captada – volume anual de água obtida, a partir de captações de água bruta, e fornecida às ETA (ou directamente as sistemas de adução e de distribuição);

Água bruta, importada ou exportada – volume anual de água bruta, transferido, de, ou para outros sistemas de adução e distribuição (as transferências podem ocorrer em qualquer ponto, entre a captação, e a estação de tratamento);

Água fornecida ao tratamento – volume anual de água bruta que aflui às instalações de tratamento;

Água produzida – volume anual de água tratada que é fornecida às condutas de adução, ou directamente ao sistema de distribuição. O volume anual de água sem tratamento prévio, que é distribuído aos consumidores, também deve ser contabilizado como água produzida;

Água tratada, importada ou exportada - volume anual de água tratada, transferido de, ou, para o sistema (as transferências podem ocorrer em qualquer ponto a jusante do tratamento). Caso exista, o volume anual de água sem tratamento prévio, que é captado e distribuído aos consumidores, também deve ser contabilizado como água tratada, no contexto do balanço hídrico;

Água fornecida à adução – volume anual de água tratada que aflui ao sistema de adução;

Água fornecida para distribuição – volume anual de água tratada que aflui ao sistema de distribuição;

Água fornecida para distribuição directa – volume de água, correspondente à diferença, entre a Água Fornecida para distribuição, e a Água Tratada exportada (sempre que não seja possível separar a adução da distribuição, a água fornecida para distribuição directa, corresponde à diferença, entre a Água Fornecida à adução, e a Água Tratada exportada);

Água entrada no sistema – volume anual introduzido na parte do sistema de abastecimento de água, que é objecto do cálculo do balanço hídrico;

Consumo autorizado – volume anual de água, medido ou não medido, facturado ou não, fornecido a consumidores registados, a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo para usos domésticos, comerciais ou industriais e à própria entidade gestora. Inclui a Água Exportada. Este consumo autorizado pode incluir: água para combate a incêndios, lavagem de condutas e colectores, lavagem de ruas, rega de espaços verdes municipais, alimentação de fontes e fontanários, protecção contra congelação, fornecimento de água para obras, etc. Inclui ainda as fugas e o desperdício, por parte dos clientes registados, que não são medidos;

Perdas de água – volume de água correspondente à diferença, entre a Água Entrada no sistema e o Consumo Autorizado. As perdas de água podem ser calculadas para todo o sistema ou para subsistemas, como seja a rede de água não tratada, o sistema de adução, o sistema de distribuição ou zonas do sistema de distribuição. Em cada caso, as componentes do cálculo devem ser consideradas em conformidade com a situação. As perdas de água dividem-se em perdas reais e perdas aparentes;

Perdas reais – volume de água correspondente às perdas físicas até ao contador do cliente, quando o sistema está pressurizado. O volume anual de perdas através de todos os tipos de fissuras, roturas e extravasamentos, depende, da frequência, do caudal e da duração média de cada fuga. Apesar das perdas físicas localizadas a jusante do contador do cliente, se encontrarem excluídas do cálculo das perdas reais,

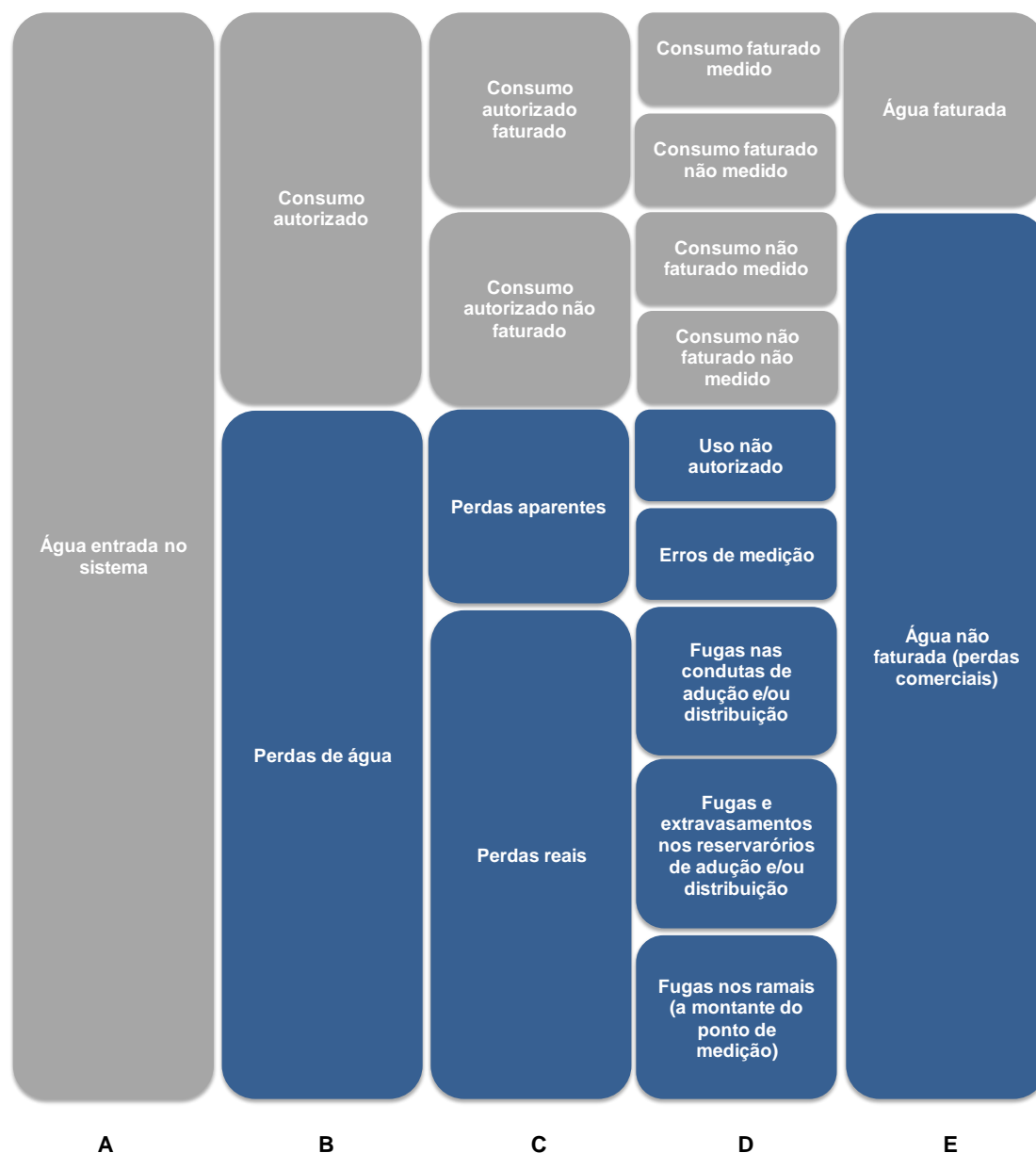
são muitas vezes significativas e relevantes para a EG (em particular quando não há medição);

Perdas aparentes – esta parcela contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda ao consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito). Os registos por defeito dos medidores de água produzida, bem como os registos por excesso em contadores de clientes, levam a uma subavaliação das perdas reais. As perdas físicas a jusante do contador do cliente, podem contribuir significativamente para o aumento das perdas aparentes.

Água não facturada – volume de água correspondente à diferença entre os totais anuais da Água Entrada no sistema e do Consumo Autorizado facturado. A Água não facturada inclui, não só as perdas reais e aparentes, mas também o consumo autorizado não facturado.

Como forma de obter os dados necessários para o cálculo de um balanço hídrico é necessário a realização de um processo de auditoria de perdas. Este processo, baseia-se, na quantificação de toda a água que entra e sai de um sistema de abastecimento, em que todos os dados registados e de campo, como os volumes de água entrada no sistema, de consumo autorizado (facturado e não facturado, medido e não medido) e de perdas (aparentes e reais) são examinados. Após a obtenção dos dados para o cálculo do balanço hídrico, estes deverão ser introduzidos num formato definido pelo IWA – apresentado na Tabela 2.2 -, expressos em metros cúbicos por ano, antes de se calcular qualquer indicador de desempenho.

Tabela 2.2 - Componente do balanço hídrico definidos pelo IWA. Adaptado de LAMBERT (2003), LIEMBERGER et al. (2004) e ALEGRE et al. (2005)



ALEGRE et al. (2005), definem os passos necessários para o cálculo de um balanço hídrico, que se apresenta de seguida:

Passo 0 - Definir os limites exactos do sistema (ou sector de rede) a auditar; definir as datas de referência (definindo um período de um ano);

Passo 1 - Determinar o volume de água entrada no sistema e introduzi-lo na Coluna A;

Passo 2 - Determinar o consumo facturado medido e o consumo facturado não medido, e incluir na Coluna D; introduzir o total destes como consumo autorizado facturado (Coluna C) e como água facturada (Coluna E);

Passo 3 - Calcular o volume de água não facturada (Coluna E), subtraindo a água facturada (Coluna E) à água entrada no sistema (Coluna A);

Passo 4 - Definir o consumo não facturado medido e o consumo não facturado não medido, e introduzir na Coluna D; registar o total em consumo autorizado não facturado, na Coluna C;

Passo 5 - Somar os volumes correspondentes ao consumo autorizado facturado e ao consumo autorizado não facturado da Coluna C; introduzir o resultado como consumo autorizado, na Coluna B;

Passo 6 – Calcular as perdas de água (Coluna B), como a diferença, entre a água entrada no sistema (Coluna A) e o consumo autorizado (Coluna B);

Passo 7 – Avaliar - usando os melhores métodos disponíveis -, as parcelas do uso não autorizado e dos erros de medição (Coluna D), somá-las e registar o resultado em perdas aparentes (Coluna C);

Passo 8 - Calcular as perdas reais (Coluna C) subtraindo as perdas aparentes (Coluna C) às perdas de água (Coluna C);

Passo 9 - Avaliar as parcelas das perdas reais (Coluna D), usando os melhores métodos disponíveis - análise de caudais nocturnos, dados de medição zonada, cálculos de frequência/caudal/duração das roturas, modelação de perdas baseada em dados locais sobre o nível-base de perdas, etc. -, e somá-las e comparar com o resultado das perdas reais (Coluna C).

Embora seja estritamente necessária a realização de auditorias de perdas, com o fim de obter resultados mais fidedignos no cálculo de um balanço hídrico, os seus custos podem ser muito avultados, e dependem de vários factores, como sejam: a dimensão da área a ser examinada, os métodos utilizados, e a quantidade e nível de qualificação dos recursos humanos envolvidos nas auditorias.

Apresentam-se, de seguida, as diferentes etapas de uma auditoria para o cálculo de um balanço hídrico, definidas por FARLEY (2001):

1. **Input na distribuição.** Esta etapa identifica todas as fontes de água e quantifica a água que é fornecida. A medição é feita através da existência de contadores na produção de água, devidamente calibrados; do somatório dos caudais em zonas onde existem contadores; de ensaios de queda em reservatórios; da verificação das curvas das bombas; da implantação de contadores em pontos onde estes não existem, a montante e a jusante de uma ETA (se for a montante, as perdas durante o processo devem ser avaliados e subtraídos);

2. **Consumo medido.** Os registos de facturação são utilizados para quantificar e identificar todos os clientes domésticos e não-domésticos;
3. **Consumo não medido.** Esta etapa identifica os consumos domésticos não medidos e consumos autorizados não medidos, com o fim de estimar o consumo da água por parte dos consumidores domésticos com acesso ilimitado; identificar e estimar o consumo não medido por consumidores autorizados, como por exemplo, edifícios municipais, bombeiros, zonas públicas verdes, etc; identificar e estimar, quando não medido, o que é fornecido aos consumidores residentes em subúrbios e favelas; identificar e estimar a água que é utilizada pela EG para fins operacionais, tais como, operações de limpeza da rede;
4. **Consumo não autorizado.** Esta etapa identifica e estima as fontes ilegais de água e os roubos da mesma, permitindo estimar o número de ligações clandestinas através de registos anteriores e evidências encontradas, ou por uma fiscalização de casa em casa, numa área representativa; pode-se igualmente estimar o número de medidores danificados ou *bypass* aos mesmos, bem como utilizar as estimativas do consumo *per capita* para calcular o volume total consumido;
5. **Calcular as perdas totais.** Adicionar aos volumes dos passos 2, 3 e 4 (em cima), e subtrair ao *input* da água na distribuição. O produto residual é a perda total de água a partir do sistema;
6. **Calcular as fugas.** Sejam fugas nos reservatórios ou na rede de distribuição, através do controlo activo de fugas, é possível calcular ou estimar o volume de água que é perdido através de fugas;
7. **Outras perdas.** O cálculo do balanço hídrico pode ser melhorado através da identificação de erros e práticas negligentes. Estas perdas são frequentemente designadas como perdas de gestão, resultando igualmente em perdas económico-financeiras.

2.4 Perdas de Água

Enquanto os países em desenvolvimento lutam para obter meios económicos, sociais e políticos para implementar e modernizar os sistemas de abastecimento de água, os países mais desenvolvidos enfrentam um problema que pode por em causa a sustentabilidade dos recursos hídricos a longo prazo: as perdas de água. Não obstante a grande eficácia que esses países apresentam na garantia do abastecimento de água (94% em Portugal – ersar.pt (2013)),

ALEGRE et al. (2005), afirmam que as perdas de água ainda são elevadas, contribuindo para a ineficiência dos sistemas.

Em Portugal, as perdas de água foram ignoradas pelas EG durante muitos anos, uma vez que água era barata, relativamente abundante, e fácil de obter. Estas entidades partiam do princípio que, as perdas de água, eram inerentes à própria operação dos sistemas e que não eram um problema que valesse a pena minimizar. Com o aumento da população, dos custos de captação, armazenamento e de distribuição, e com a disponibilidade decrescente dos recursos hídricos, as perdas começaram a assumir uma importância cada vez maior para as EG.

ALEGRE et al. (2005) reforçam esta ideia, ao afirmarem que elevadas perdas de água “*não beneficiam nem os consumidores nem os operadores, reduzindo a qualidade do serviço e contribuindo*” para o aumento do “*custo da água que é efectivamente facturada*”. THORNTON et al. (2004) resumem o problema das perdas de água, classificando-as em três níveis diferentes:

- **Técnico:** nem toda a água fornecida pela EG chega ao cliente;
- **Financeiro:** nem toda a água que chega ao cliente final é propriamente medida ou facturada;
- **Terminológico:** as definições padronizadas de perdas de água estão erradas.

Segundo PILCHER et al. (2008), as perdas de água ocorrem em todos os sistemas de abastecimento do mundo – quer sejam em alta como em baixa -, porém, nos sistemas adutores, que são caracterizados por pressões e caudais elevados, as perdas de água são mais facilmente minimizadas, uma vez que, ao aflorarem mais facilmente à superfície, são de maior visibilidade, permitindo que sejam reparadas mais rapidamente. FARLEY (2001), concluiu que, as perdas de água ocorrem principalmente nos sistemas de abastecimento em baixa, e nas ligações prediais, sendo que, o seu volume varia, dependendo das características do sistema, das práticas operacionais da EG, e do nível tecnológico e dos conhecimentos aplicados à sua redução.

Uma definição de perdas de água pode ser encontrada no trabalho desenvolvido por ALEGRE et al. (2005), como sendo o “*volume de água correspondente à diferença entre a água que entra no sistema e o consumo autorizado*”. Os mesmos autores referem ainda que as perdas de água “*podem ser calculadas para todo o sistema ou para subsistemas, como sejam a rede de água não tratada, o sistema de adução, o sistema de distribuição ou zonas do sistema de distribuição*”.

Nas Figuras 2.17 e 2.18 são visíveis as terminologias utilizadas pela IWA no que respeita às componentes do volume total que é fornecido aos sistemas de distribuição, e às componentes das perdas de água.

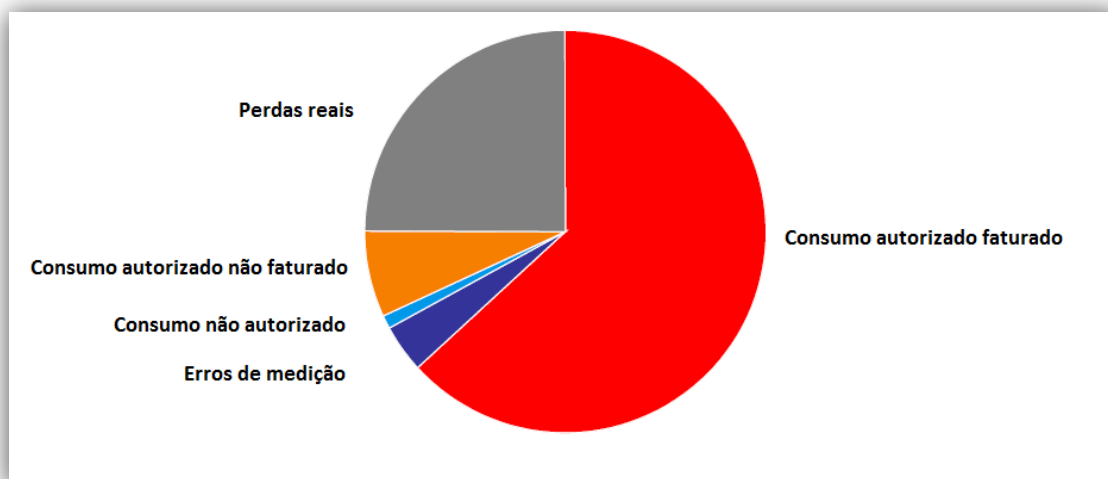


Figura 2.17 - Componentes do volume de água fornecido aos sistemas de distribuição

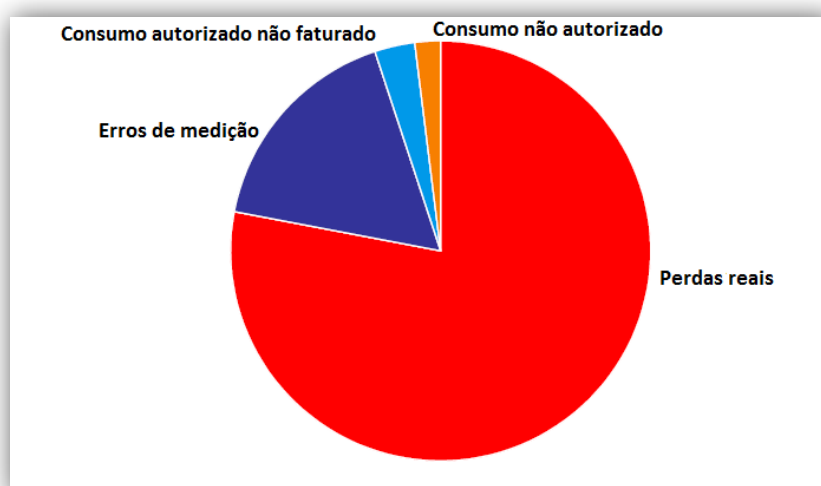


Figura 2.18 - Componentes das perdas de água num sistema de distribuição

MUTIKANGA (2012) concedeu um modelo conceptual – representado na Figura 2.19 -, para a gestão de perdas de água, que consiste num conjunto de acções, em que o objectivo final é a sustentabilidade dos sistemas de distribuição de água.

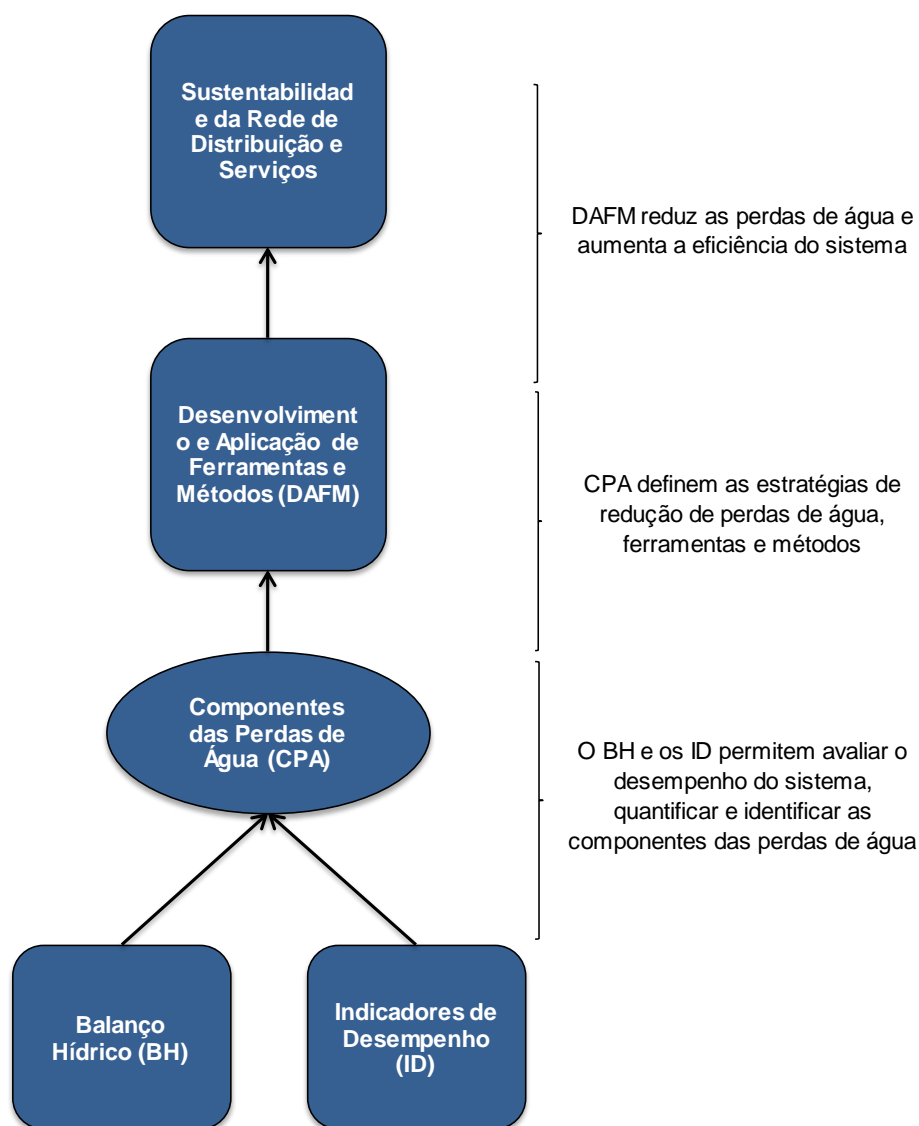


Figura 2.19 - Modelo conceptual para a gestão de perdas de água. Adaptado de MUTIKANGA (2012)

2.4.1 Perdas reais

Conforme referido anteriormente, as perdas reais são devidas a roturas, extravasamentos e fugas, e são uma das componentes do volume total de perdas de água, em todos os sistemas de abastecimento. O volume perdido dependerá em grande parte, da pressão de serviço na rede, e do tempo de resposta da EG, isto é, da eficiência de detecção e eliminação da fuga. Por sua vez, a detecção da fuga depende do tipo de solo que envolve a rede, uma vez que este influencia o nível de visibilidade da fuga (quando a água brota à superfície). Depende igualmente da política de detecção e controlo activo de fugas, por parte da EG. Segundo ALEGRE et al. (2005), “apesar das perdas físicas localizadas a jusante do contador do cliente

se encontrarem excluídas do cálculo das perdas reais, são muitas vezes significativas e relevantes para a entidade gestora (em particular quando não há medição)”. No entanto, caso haja medição, as perdas reais que ocorrem a jusante dos contadores, podem contribuir para o aumento da facturação da EG. Porém, este benefício económico não deve sobrepor-se aos objectivos e metas definidos para o uso eficiente da água. As Figuras 2.20 e 2.21 ilustram algumas das fontes de perdas de água que ocorrem nas redes de distribuição e nos ramais de ligação.

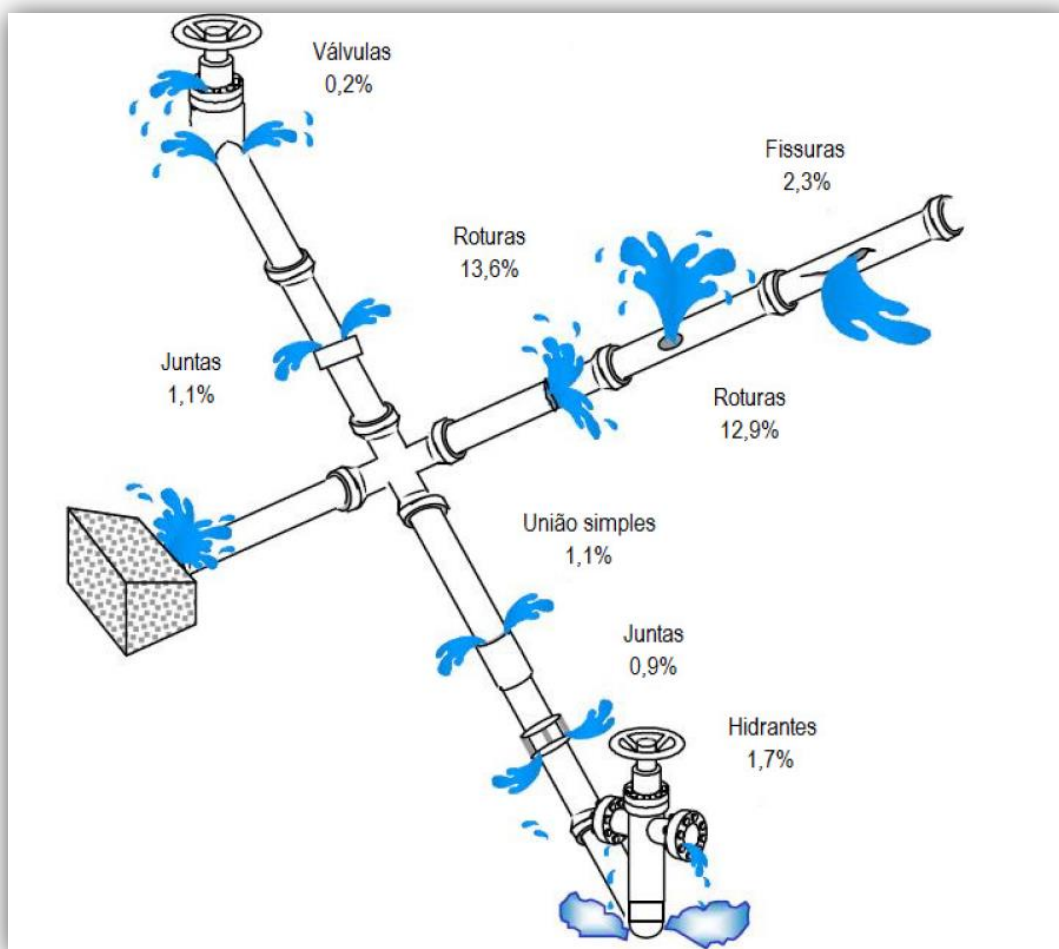


Figura 2.20 - Perdas de água na rede de distribuição

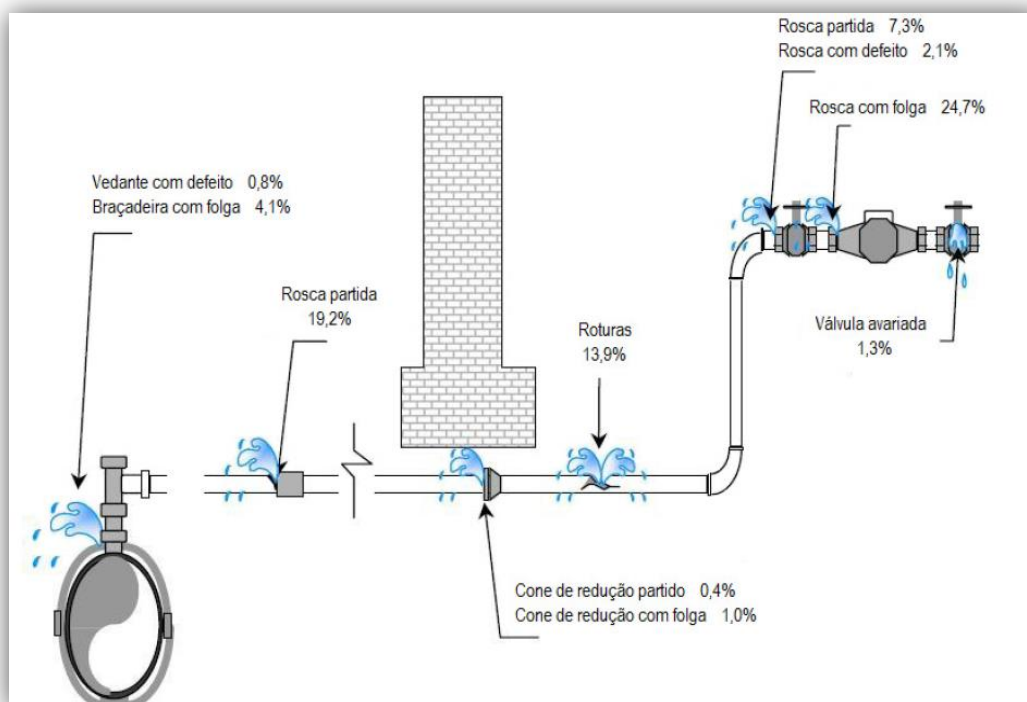


Figura 2.21 - Perdas de água nos ramais de ligação

Normalmente, a principal causa das perdas de água são as fugas, independentemente da parte do sistema que é analisada. Em relação à sua magnitude, esta será tanto maior quanto mais complexa for a identificação e resolução das fugas e roturas (MARTINS, 2009). Na Figura 2.22 é visível que o volume de água perdido aumenta com o aumento do tempo de resposta.

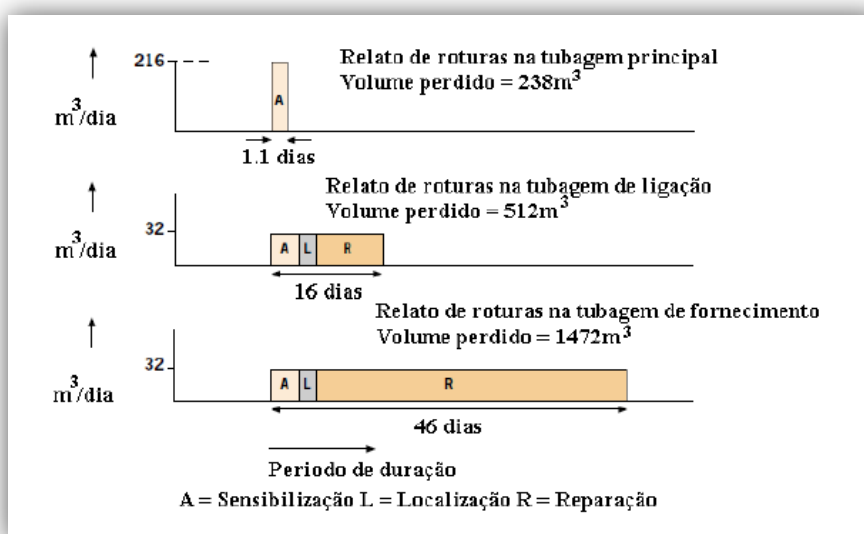


Figura 2.22 - Variação do volume de água perdida numa rotura em função do tempo de sensibilização, localização e reparação da mesma (MARTINS, 2009)

De um modo geral, as perdas de água provocadas por roturas nas condutas da rede de distribuição, não contribuem necessariamente para um grande volume de água perdida, particularmente se a água for visível à superfície, ou ocorrer uma queda de pressão acentuada, já que, segundo GOMES (2011), a reparação ocorre de forma mais eficiente. Na Figura 2.23 é apresentada a influência da pressão e do tamanho dos orifícios pelos quais a água perdida escoa. Verifica-se, que quanto maior for a relação pressão/tamanho do orifício, maior será o caudal de perdas reais.






Discharge in litres/day			
5m	15m	32m	
7 013	23 376	49 090	
2 932	9 970	20 945	
2 496	8 308	17 454	
421	1 402	2 945	
234	779	1 636	

Figura 2.23 - Volume de água perdido através de orifícios de diferentes diâmetros, a pressões de serviço de 5, 15 e 32 m (FARLEY, 2001)

Assim, as pequenas fugas (mais difíceis de detectar) são as formas mais comuns de perdas de água em sistemas de distribuição, e podem ocorrer por diversos factores (FARLEY, 2001; LAMBERT, 2003; LIEMBERGER et al, 2004; THORNTON et al., 2004; ALEGRE et al., 2005; BUTLER, 2009):

- A instalação deficiente da rede e acessórios;
- As flutuações de pressão;
- A corrosão e as condições ambientais (e.g. temperatura);
- O tráfego automóvel e as vibrações associadas;
- A falta de manutenção adequada;
- O estado das condutas e outros componentes, o seu material, a frequência de fugas e de roturas;
- A pressão média de serviço, quando o sistema está pressurizado;
- A densidade e o comprimento médio de ramais;
- A localização do medidor domiciliário no ramal;
- O comprimento total das condutas;

- O tipo de solo e as condições do terreno que podem tornar visíveis ou não a ocorrência de roturas e fugas;
- A percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado (factor muito relevante em regiões com abastecimento intermitente).

Estes factores devem ser devidamente controlados, por forma a minimizar a ocorrência de fugas, que influenciam negativamente a operacionalidade da rede de distribuição e dos ramais de ligação, provocando diversos problemas, sendo os mais comuns (FARLEY, 2001; THORNTON et al., 2004), os seguintes:

- Perda de pressão na rede domiciliária;
- Danos nas infra-estruturas;
- Custos elevados de reparação ou indemnização por danos causados;
- Aumento da infiltração de água no sistema de esgotos, excedendo a capacidade do mesmo;
- Introdução de ar na rede de distribuição, se o fornecimento de água for intermitente, causando danos nos contadores, e levando a uma errada medição do consumo real e consequente erros na facturação de água;
- Risco para a saúde pública, em sistemas de baixa pressão, ou quando o fornecimento é intermitente, ao permitir a infiltração de águas residuais e outros poluentes na rede de abastecimento.

O nível de fugas que é permitido num sistema de abastecimento é atribuído através da política da EG, e os factores que influenciam esse nível de fugas, estão agrupados em quatro categorias, de acordo com FARLEY (2001):

1. **Disponibilidade de recursos** – financeiros, mão-de-obra e disponibilidade de água;
2. **Estado das infra-estruturas** – materiais, política de renovação das infra-estruturas, e pressão de serviço;
3. **Política institucional** – estrutura, regulamentação e atitude;
4. **Política de controlo de fugas** – percepção, actividade e conhecimento técnico.

O mesmo autor descreve as das quatro categorias, da seguinte forma:

1. A **disponibilidade de recursos** é um factor essencial no combate às fugas. Por exemplo, em regiões onde a água é abundante, as fugas são toleradas de forma diferente das regiões onde esta é escassa. Recursos financeiros e recursos humanos são igualmente factores significativos.
2. O **estado das infra-estruturas** e a política de renovação ou reabilitação das mesmas são das principais razões para as discrepâncias dos valores de fugas verificados em todo o mundo. A escolha e qualidade dos materiais, bem como a implantação dos

mesmos, especialmente em solos agressivos, podem influenciar o tempo de vida útil da rede. Embora a idade da própria rede não seja um factor determinante, quando combinado com os outros factores, pode tornar-se relevante. A política da EG, no que toca à reabilitação ou substituição da rede, é de suma importância para a qualidade das infra-estruturas da mesma, diminuindo o número de perdas associadas quando esta política é implementada de forma eficiente;

3. A **política institucional** centra-se em grande parte na percepção e atitude política relativa às fugas. Esta política por sua vez, afecta o capital e os recursos humanos que são aplicados para controlar essas perdas. A atitude dos governos, agências nacionais e locais, autoridades municipais e da comunidade, podem influenciar a organização e o funcionamento da rede, bem como a importância dada ao controlo de fugas.
4. A **política de controlo de fugas** determina o nível de actividade e o nível de fuga numa rede.

BUTLER (2009) divide a política de controlo de fugas, em duas diferentes: **Política de Controlo Passivo** e **Política de Controlo Activo**.

Na **Política de Controlo Passivo**, as fugas só são resolvidas quando estas são visíveis, ou quando a população alerta a EG. Os custos operacionais de localização de fugas são minimizados, porém, existe um aumento do risco de ocorrerem elevadas quantidades de perdas de água. Existe assim um aumento gradual da oferta de água, uma vez que as fugas podem continuar a ser indetectáveis durante muito tempo, levando a que a EG forneça mais água à rede de distribuição para compensar a água que é perdida. No entanto, BUTLER (2009) afirma que esta política “*é perfeitamente possível de adoptar, desde que seja politicamente aceitável, podendo ser realizada com instrumentação capaz de permitir a rápida localização de fugas*” embora “*possa aumentar os custos de manutenção*”. O mesmo autor explica que essa política só é aplicável se:

- “Os custos de detecção de fugas forem elevados;
- Os custos de produção de água forem baixos, e, se for garantida uma elevada capacidade para satisfazer todos os consumos previstos;
- Se as roturas/fugas forem facilmente visíveis e facilmente reparadas.”

É, no entanto, cada vez mais defendida uma **Política de Controlo Activo** em detrimento do Passivo, uma vez que, com esta abordagem, verifica-se uma maximização da relação custo-benefício. Esta política não só diz respeito à EG, mas também aos clientes - como responsáveis pela rede privada -, sendo estes últimos, incentivados a realizar as reparações necessárias para colmatar as fugas detectadas (BUTLER, 2009).

O controlo activo envolve a monitorização de caudais na rede de distribuição, através de medidores devidamente e permanentemente instalados. Caso se verifique um aumento atípico dos caudais (verificado, por exemplo, nos caudais mínimos nocturnos), procede-se imediatamente à sua investigação para apurar a causa desse acréscimo. A equipa responsável pela detecção de fugas, deve estar bem preparada e possuir os equipamentos apropriados, para que a detecção seja efectuada com um nível aceitável de relação custo-benefício. BUTLER (2009) afirma que a monitorização de caudais só terá resultados práticos se a posterior acção de mitigação dos problemas detectados for eficiente.

Uma política activa requer custos adicionais, com a instalação de medidores de caudal, e com os custos operacionais associados à afectação de equipas responsáveis pela detecção de fugas. Não obstante, BUTLER (2009) apresenta alguns dos benefícios que deverão ser alcançados com esta política:

- Minimização de fugas, tendo como consequência, a redução das perdas de água e todos os benefícios associados;
- Redução global da oferta de água;
- Preservação de recursos hídricos limitados;
- Redução dos custos de operação (salvaguardando os custos energéticos e os custos de tratamento de água);
- Planeamento de trabalhos a realizar (com o benefício de aumentar a capacidade de resposta a situações de emergência);
- Minimização de fugas que podem colocar em perigo infra-estruturas (e.g. estradas) ou a população;
- Redução das despesas com obras de reabilitação de condutas ou reservatórios;
- Melhoria da satisfação dos clientes.

Uma política de detecção activa de fugas, quando bem gerida, garante que os custos relacionados com a mesma, sejam compensados pelo valor da água que é salvaguardada. No entanto, BUTLER (2009) alerta que isso só é aplicável se:

- O custo de produção/distribuição de água for elevado;
- As fontes de água forem limitadas, e se não for possível conhecer/prever os consumos;
- As fugas/roturas não forem visíveis à superfície;
- Estiver a ocorrer um aumento da quantidade de água fornecida ao sistema a uma taxa inaceitável.

A análise dos caudais mínimos nocturnos, é uma das formas mais eficientes de controlar e monitorizar as fugas de água num sistema de distribuição, inserindo-se na política de controlo activo. Assim, é possível detectar fugas, sem que elas sejam visíveis à superfície, através da verificação do aumento anormal ou contínuo do caudal mínimo nocturno (capítulo 2.6).

2.4.2 Perdas aparentes

Conforme foi referido anteriormente, nas perdas aparentes, a água é efectivamente consumida, mas não é contabilizada. Desta forma, as perdas aparentes correspondem a consumos não autorizados, e a erros de medição, e podem ter diversas origens (LAMBERT, 2001; THORNTON et al., 2004; ALEGRE et al., 2005):

- Ligações ilícitas;
- Ligações sem contador;
- Erros de medição;
- Reabertura de ligações inactivas;
- Falhas de cadastro;
- Utilização fraudulenta de hidrantes.

No que respeita aos consumos não autorizados, estes contemplam o estabelecimento e uso de ligações ilícitas, e a utilização fraudulenta de marcos e bocas-de-incêndio, localizadas em locais públicos e particulares. É essencialmente nas zonas de construção clandestina e bairros sociais, que ocorrem as ligações ilícitas. Pensa-se que esta seja a principal causa da ocorrência de perdas aparentes no município de Santa Maria da Feira, uma vez que os erros de medição são controlados através da gestão do parque de contadores, não sendo, no entanto, possível verificar se todas as ligações têm contador.

Os hidrantes são do uso exclusivo dos serviços de bombeiros, verificando-se, no entanto, a sua utilização abusiva, para outros fins, tais como, rega de espaços verdes, e enchimento de tanques de veículos para lavagem de ruas, entre outros. A Figura 2.24 ilustra uma situação real de eventual utilização fraudulenta de uma boca-de-incêndio. Este tipo de situações prejudicam as EG, na medida em que geram consumos que não são facturados, provocando os prejuízos daí decorrentes. Impõe-se a necessidade das EG tomarem medidas conducentes à sua minimização, como sendo, implementação de acções de fiscalização rigorosas, protecção e manutenção adequadas dos hidrantes, e o lançamento de campanhas de sensibilização da comunidade em geral.



Figura 2.24 - Possível uso fraudulento do hidrante

As perdas aparentes relativas a erros de medição, contemplam (FARLEY, 2001; ALEGRE et al., 2005):

- Erros de medição dos contadores em condições normais de medição;
- Erros de medição por deficiente dimensionamento ou instalação;
- Erros de leitura ou registo;
- Erros de medição por avaria (“natural” ou por violação do equipamento);
- Leituras em falta por dificuldades de acesso aos contadores.

O controlo dos erros de medição dos contadores, deve constituir uma prioridade para as EG. Uma correcta gestão do parque de contadores, através da sua renovação (substituição regular dos contadores mais antigos), da realização periódica de testes de aferição, da monitorização para a detecção de avarias, e do correcto dimensionamento dos mesmos, pode minimizar a ocorrência de submedição dos consumos. ALEGRE et al. (2005), afirmam que a “*existência de reservatórios domiciliários que amortecem o diagrama de consumo e fazem com que o caudal que passa no contador seja mais baixo, com erros de medição mais elevados; a existência de fugas ou extravasamentos dentro das habitações, a que correspondem consumos expressivos mas constantes no tempo, com caudais instantâneos baixos*” que são normalmente “*susceptíveis de subcontagem*”, contribuem para o aumento de perdas de água aparentes.

A dificuldade de acesso aos contadores, que se verifica com frequência, implicar erros na facturação dos consumos por parte das EG, uma vez que estes são realizados por estimativa. Uma solução que tem vindo a ser adoptada por algumas EG (e.g. Águas do Porto, EM, e Câmara Municipal de Albufeira), consiste na implementação da telemedição domiciliária, nos locais de difícil acesso. Atendendo à actual crise económica, e à retracção do investimento por

parte das EG, esta solução pode não ser economicamente viável, sendo necessário a realização de uma análise custo-benefício aprofundada. Entretanto, o incentivo à realização de autoleituras, e a combinação prévia de horários de leitura com os clientes, podem minimizar este problema.

O controlo das perdas aparentes deve ter a mesma importância que o controlo das perdas reais, pois se, ambos forem devidamente implementados, contribuem para o aumento da eficiência e da sustentabilidade do uso da água.

2.4.3 Nível económico de perdas (NEP)

O nível de perdas nulo é praticamente impossível, por questões técnicas, económico-financeiras, e sociais, entre outras. Sendo assim, cabe às EG encontrarem um limite máximo de esforço, em relação ao qual, os benefícios obtidos com a implementação de um programa de redução de perdas, igualem o custo do mesmo. THORNTON et al. (2004) designam este limite como sendo o NEP. A este NEP estão associadas as perdas inevitáveis, inerentes a qualquer sistema de distribuição. Desta forma, o NEP nunca poderá ser menor que o nível as perdas inevitáveis, mas poderá ser minimizado através de conjuntos de acções que o mesmo autor, acima referido, resume através das Figuras 2.25 e 2.26., que se encontram abaixo representadas.

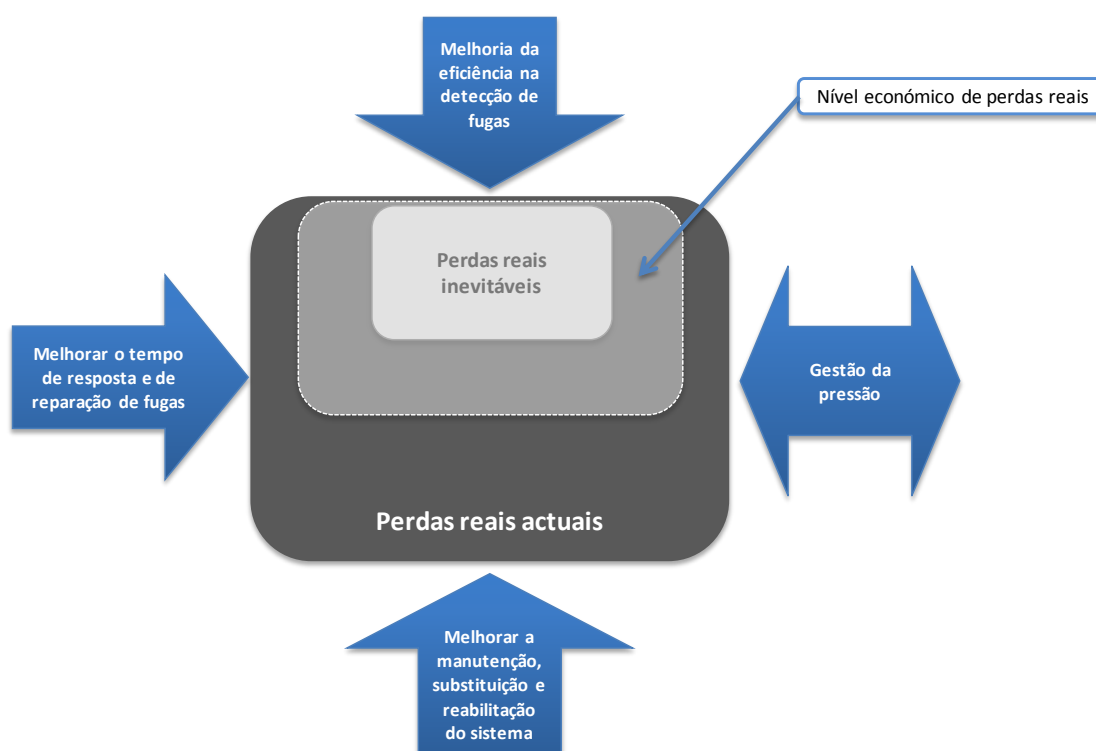


Figura 2.25 - Nível económico de perdas reais. Adaptado de THORNTON et al. (2004)

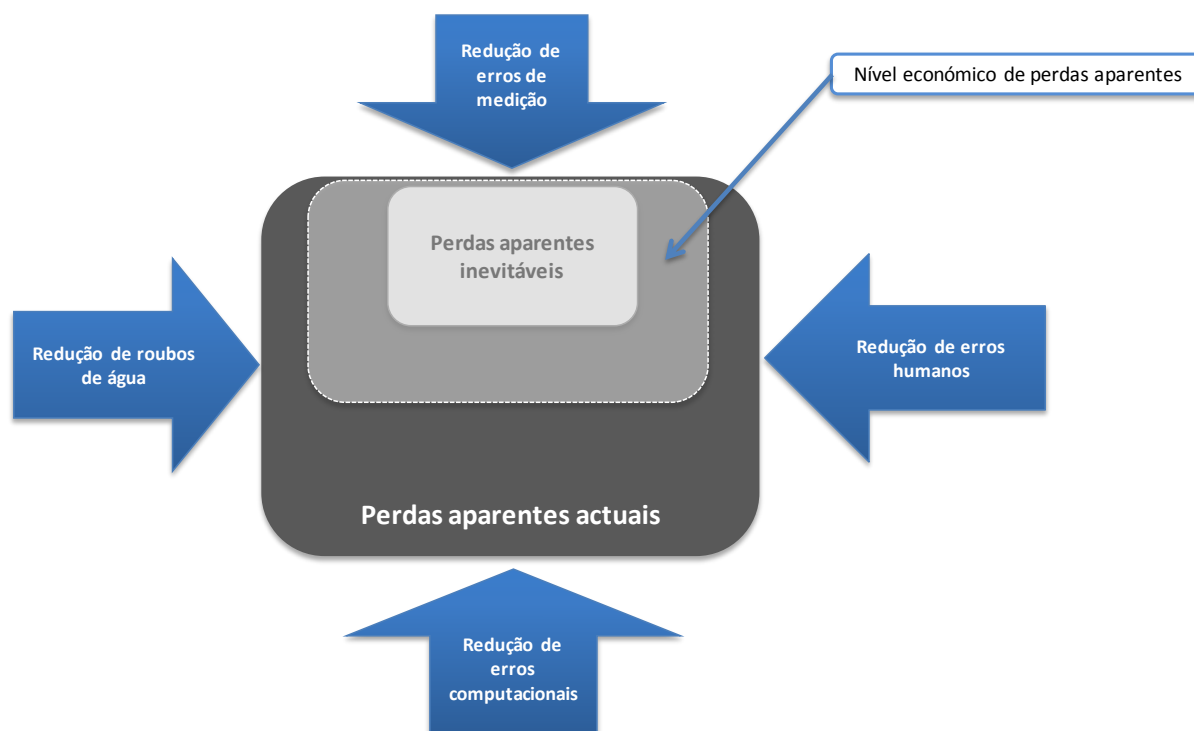


Figura 2.26 - Nível económico de perdas aparentes. Adaptado de THORNTON et al. (2004)

Para o alcance do NEP – em que, os custos e os benefícios de um programa de redução de perdas, são iguais -, é, segundo ALEGRE et al. (2005), necessário que o NEP reais seja alcançado. Por exemplo, através da diminuição da pressão de serviço, é possível alcançar um nível de perdas reais que maximize a relação custo-benefício, na medida em que, a diminuição do volume de perdas reais não seja sobrepujada pela diminuição do consumo facturado (assumindo que a diminuição da pressão provoca uma quebra no consumo). GOMES (2011) explica que a perda de facturação pode ser minimizada, uma vez que é possível “*utilizar as instalações existentes para ampliar a oferta sem expansão do sistema, manter ou reduzir os pontos de captação de água, reduzir os incómodos para os utilizadores e ainda reduzir consideravelmente os custos de produção devido à diminuição do consumo de energia, de produtos químicos e outros*”.

O cálculo do NEP reais é essencialmente efectuado através de uma análise dos “*custos marginais de detecção e reparação de perdas reais versus os benefícios marginais da água que deixa de se perder em fugas e extravasamentos*” (ALEGRE et al., 2005).

A Figura 2.27 representa, de forma simplificada, o conceito de NEP reais, em termos do custo da água perdida e do controlo activo de perdas. Se por um lado, o custo total da água aumenta, com o aumento das perdas, por outro, os custos do controlo activo de perdas, diminuem, com o aumento dos níveis permitidos. ALEGRE et al. (2005) explicam que a curva de custo total é obtida a partir da soma do custo do controlo activo de perdas e o custo da água

perdida, e o NEP, corresponde ao mínimo dessa curva. Este princípio aplica-se, tanto às perdas reais como às aparentes, sendo que, qualquer nível diferente do NEP terá custos totais mais elevados.

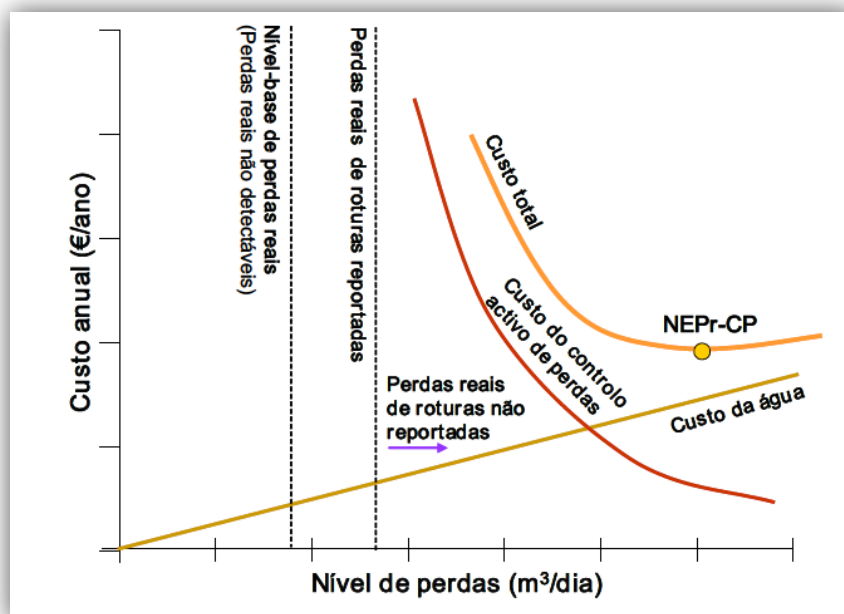


Figura 2.27 - Nível económico de perdas reais (ALEGRE et al., 2005)

Resumindo, a operação de um sistema de distribuição de água no NEP, resulta na mais baixa combinação possível entre o custo das acções de controlo de perdas, e o preço da água perdida.

Sabendo que as perdas aparentes contribuem para o aumento do nível de perdas, estas também exercem a sua influência no NEP, pelo que a sua redução é de suma importância para o alcance de um NEP sustentável. Assim, a redução das perdas aparentes, permite aumentar o consumo medido (e facturado), melhorar a eficiência e a qualidade dos serviços prestados, e o desempenho financeiro das EG. GOMES (2011) alerta que se deve ter em atenção que qualquer iniciativa que esteja relacionada com o combate às perdas, sejam reais ou aparentes, deve ser integrada num programa contínuo, no qual não devem faltar a análise custo-benefício, a disponibilidade de recursos e o período de recuperação dos investimentos realizados.

Não existe um padrão de NEP, sendo que este varia de zona para zona, dependendo das variáveis de cada uma, não havendo um só NEP para um sistema, mas sim vários (ALEGRE et al, 2005). As variáveis que podem influenciar o NEP, foram descritas por GOMES (2011), como sendo: “pressão e frequência de roturas, disponibilidade financeira da Entidade Gestora, imposições/recomendações da Entidade Reguladora, alteração do modo de operação do

sistema, custo/valor da água, estado de conservação das infra-estruturas e órgãos acessórios, tecnologia usada para detecção, localização e reparação de fugas”.

É possível manter o NEP em níveis considerados tecnicamente viáveis e economicamente aceitáveis, através da implementação de programas de monitorização contínua das variáveis que o influenciam. Segundo GOMES (2011), sempre que seja detectado um nível de perdas acima do definido como aceitável (acima do NEP), será conveniente proceder-se à identificação das causas, à localização das fontes de perdas e à reparação das mesmas. A Figura 2.28 representa a relação entre o nível de intervenção no controlo de perdas, e o NEP.

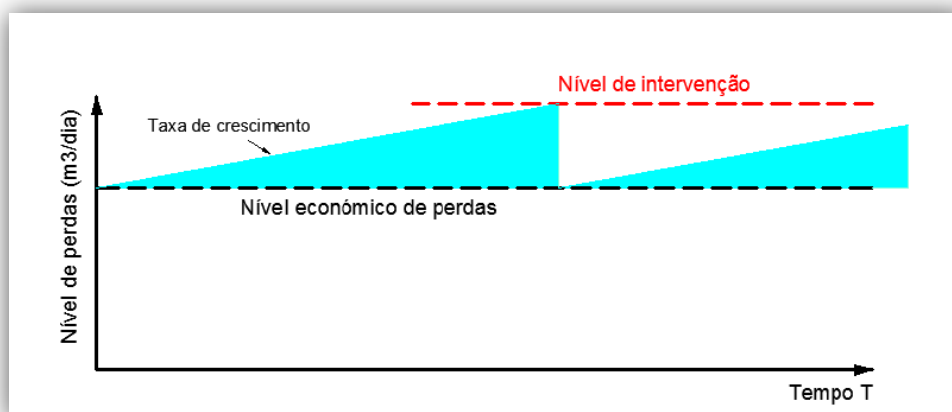


Figura 2.28 - Relação entre o nível de intervenção e o NEP (GOMES, 2011)

2.5 Zonas de Medição e Controlo (ZMC)

A gestão e exploração de sistemas de abastecimento, em especial, dos sistemas de abastecimento em baixa, podem ser dificultadas devido à complexidade dos mesmos, evidenciada pelo elevado número de ramais, condutas, válvulas e hidrantes, bem como pela distribuição geográfica que estes apresentam.

Com o objectivo de tornar mais eficiente essa gestão e exploração, muitas EG procedem à sectorização das suas redes de distribuição, dividindo-as em ZMC. MORRISON (2004) afirma que sectorização surgiu em 1980, no Reino Unido, quando a EG local, através do fecho de algumas válvulas, isolou uma parte da rede de distribuição, controlando a entrada e a saída de água nessa zona, permitindo assim a medição e monitorização da mesma.

Com esta sectorização, promovida mundialmente pelo IWA, a medição e monitorização zonada (Figura 2.29) permite que as EG, detenham de um maior controlo de caudais, pressões e perdas. A sectorização da rede de distribuição deve ser criteriosa, e o conjunto de subzonas

resultantes devem ser rigorosamente identificadas (e.g. ZMC 1, ZMC 2...), e devem ter contornos fixos, em que as entradas e saídas de água são controladas através da medição permanente ou temporária, de caudais, de forma a obter-se informação detalhada sobre o balanço de caudais e o comportamento dos consumos (ALEGRE et al., 2005).

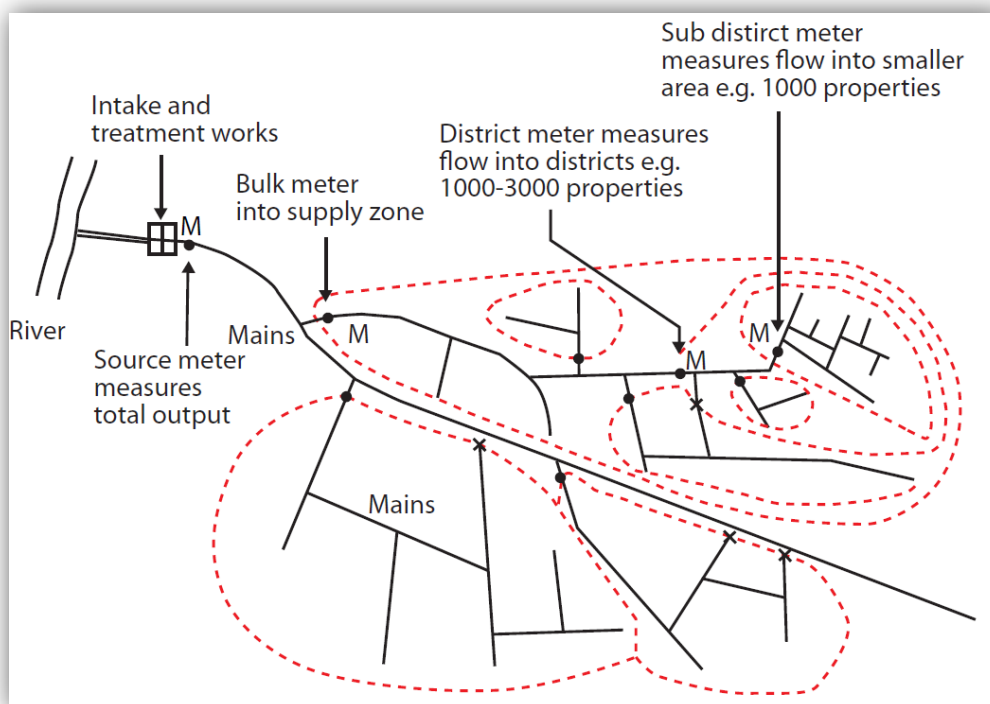


Figura 2.29 - Sistema de medição zonada (FARLEY, 2008)

Esta nova realidade de gestão, permite alcançar, entre outras, as seguintes vantagens (ALEGRE et al., 2005; FARLEY, 2008; BUTLER, 2009):

- A monitorização em contínuo das pressões e caudais em pequenas subzonas da rede;
- A priorização das intervenções no âmbito do Controlo Activo de Fugas e a racionalização dos custos envolvidos nesta tarefa;
- A caracterização das perdas reais e aparentes e obtenção de ganhos efectivos ao nível da redução da água não facturada;
- A maximização dos níveis de qualidade do serviço prestado aos clientes;
- A monitorização e manutenção da qualidade da água.

Não existe uniformidade de critérios de dimensionamento de ZMC, pelo que dependem, em grande parte, do respectivo autor. FARLEY (2008) indica quais os critérios mais comuns, nomeadamente:

- A dimensão da ZMC (número de ramais/habitações);

- O número de válvulas que devem estar fechadas para isolar a ZMC;
- O número de medidores de caudal, para medir as entradas e saídas de água;
- As variações topográficas e variação da pressão na ZMC;
- A existência de rios, auto-estradas ou outros obstáculos que possam servir como limites da ZMC.

O investimento necessário para sectorizar e equipar satisfatoriamente uma rede, é significativo e, frequentemente, não é possível fazê-lo com a celeridade desejável. Contudo, sempre que se executam obras de expansão ou reabilitação numa dada zona, devem ser executadas as obras que possibilitem a posterior instalação de equipamentos de medição (ALEGRE et al., 2005).

Um dos pontos-chave da medição zonada é a monitorização de caudais, que permite um maior controlo do nível de perdas numa determinada zona da rede (MORRISON et al, 2007). Embora existam vários métodos de controlo do nível de perdas, utilizam-se, normalmente, dois distintos, sendo eles, o método dos caudais totais e o método dos caudais nocturnos, conforme ilustrado na Figura 2.30. Segundo ALEGRE et al (2005), o primeiro, consiste na diferença, entre os volumes de água afluentes à ZMC, e todos os volumes de água saídos e conhecidos, incluindo a estimativa de consumos. O resultado desta diferença corresponde ao volume de perdas num determinado período. O segundo - o mais utilizado pelas EG -, consiste na observação do caudal durante as horas de menor consumo, que ocorrem tipicamente à noite, e que são devidas, essencialmente, a perdas reais.

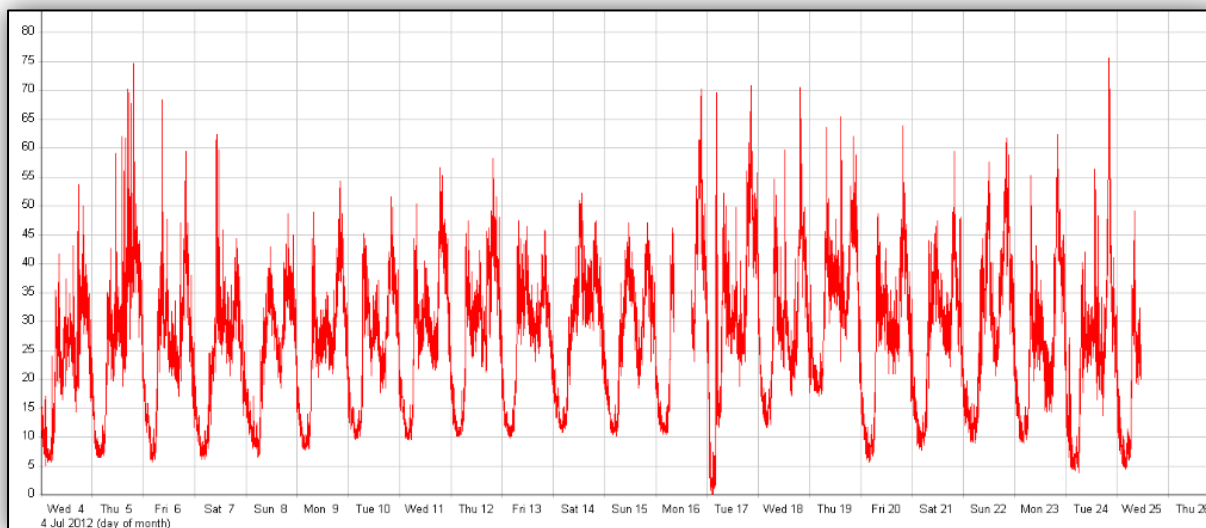


Figura 2.30 - Monitorização dos caudais mínimos nocturnos

A monitorização contínua de caudais, tem provado constituir uma técnica eficaz para o controlo de perdas, nos diversos países em que tem sido utilizada, pelas seguintes razões,

preconizadas por FARLEY (2001) e ALEGRE et al. (2005): aumento da eficácia dos medidores de caudal mecânicos; introdução de medidores de caudal electromagnéticos e ultra-sónicos - a custos decrescentes e em dimensões adequadas para a medição zonada -; desenvolvimento de técnicas de recolha e registo de dados cada vez mais fiáveis.

A implementação de ZMC, permite a melhoria, não só do controlo e da redução das perdas de água, como também da gestão de pressões.

À medida que as fugas são reparadas, os caudais e as pressões dentro das ZMC tendem a estabilizar. Esta estabilização tem consequências positivas na vida útil das infra-estruturas e equipamentos. De notar que, as roturas na rede, são essencialmente devidas às flutuações da pressão, pelo que a instalação de dispositivos de controlo de pressão, tais como as válvulas reductoras de pressão (VRP), são importantes para essa estabilização (FARLEY, 2008).

Devido a condicionamentos locais, tais como a topografia da rede, a densidade populacional e a densidade de ramais, as ZMC podem ter várias dimensões. FARLEY, em 2001, explicou que, normalmente, as ZMC, em áreas urbanas, comportam entre 500 e 3000 habitações (ou ramais). No entanto, podem ser de tamanho mais reduzido, abrangendo menos de 500 habitações em sistemas mais antigos, ou podem comportar mais que 3000 habitações, especialmente em zonas rurais e em zonas próximas de um reservatório. FARLEY (2001) caracteriza as ZMC em três escalas:

- **Pequenas** – menos de 1000 habitações;
- **Médias** – entre 1000 e 3000 habitações;
- **Grandes** – entre 3000 e 5000 habitações.

O mesmo autor, em 2008, reformulou este conceito de dimensionamento, estabelecendo o número de habitações por ZMC, entre os 1000 e os 2500 (FARLEY, 2008).

Outro critério empírico - também adoptado por algumas EG em zonas urbanas densas – consiste na extensão da rede das ZMC, na ordem dos 10 km (ALEGRE et al., 2005). No entanto, devido à dimensão destas ZMC, torna-se mais difícil detectar pequenas roturas na rede. Assim, ZMC de grande extensão podem ser subdivididas, em duas ou mais ZMC, de segundo nível, através de um conjunto de válvulas. Cada ZMC de segundo nível é alimentada alternadamente, sendo possível verificar em qual existe um aumento do caudal mínimo nocturno, e, por sua vez, localizar eventuais fugas. Nestes casos, todas as válvulas adicionais necessárias devem ser tidas em conta, na fase de concepção das ZMC.

Segundo FARLEY (2008), o dimensionamento da extensão das ZMC deve variar em função das características dos sistemas e de alguns factores locais, tais como:

- O NEP exigido;
- A geografia/demografia;

- As técnicas de controlo de fugas;
- As preferências das EG;
- As condições hidráulicas.

Nas ZMC existem muitas válvulas de seccionamento fechadas, que criam, com frequência, zonas mortas, aumentando o risco de degradação da qualidade da água. Quanto maior o número de válvulas numa ZMC, maior é a probabilidade que tal aconteça. FARLEY (2008) explica que este problema pode ser resolvido através de um programa de lavagem que permita, em intervalos regulares, diminuir os riscos associados à ocorrência de zonas mortas.

2.6 Caudal Mínimo Nocturno (CmN)

ALEGRE et al. (2005) afirmam que, parte significativa do CmN se deve a perdas reais. Assim, a sua medição, é uma das formas mais eficazes de controlar e monitorizar as fugas de água, num sistema de distribuição.

O CmN é o caudal que é fornecido à rede durante as horas de menor consumo, que ocorrem tipicamente durante a noite, entre as 01h e as 05 h (MCKENZIE, 1999; GOMES, 2011). No caso da INDAQUA Feira, e para efeitos de cálculo, considera-se que o CmN ocorre entre as 02h e as 04h, uma vez que, devido às características do município de SMF - hábitos da população, industrialização, entre outros -, este é o período em que o consumo é mínimo.

Através da análise do CmN, é possível detectar qualquer aumento súbito do mesmo, que possa estar associado a uma nova fuga. Na Figura 2.31 é possível verificar o perfil diário de caudais e de pressões, bem como o CmN, que é apresentado como sendo fugas.

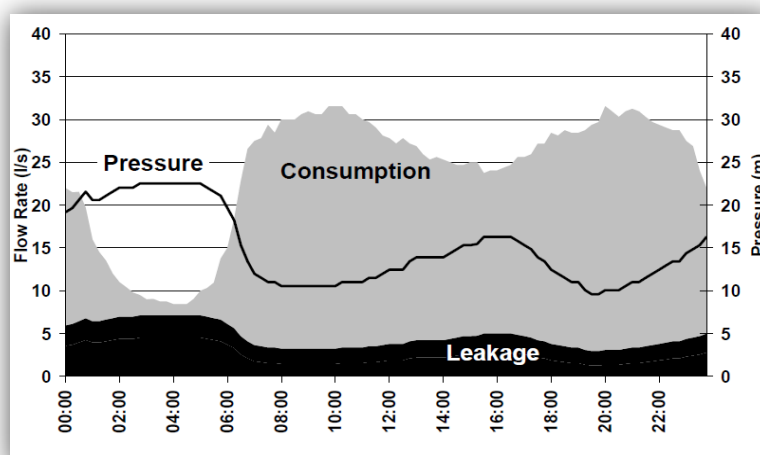


Figura 2.31 - Perfil diário de caudais e pressões (LIEMBERGER, 2004)

Para uma correcta monitorização do CmN, é necessário que a rede de distribuição esteja devidamente sectorizada em ZMC, de forma a permitir um contínuo controlo e monitorização dos caudais, e, conseqüentemente, detectar as variações atípicas dos valores do CmN. Segundo BUTLER (2009), as variações do CmN que ocorrem numa determinada ZMC podem ter as seguintes origens:

- Consumo individual nocturno, de carácter excepcional, que exceda os 500 l/hora;
- Consumo nocturno normal dos clientes domésticos e não-domésticos;
- Perdas de fundo na rede domiciliária e/ou nos ramais de ligação;
- Roturas (de duração finita) na rede, que sejam ou não visíveis.

Como já foi referido, a medição do CmN permite a detecção de roturas ou fugas que, por algum motivo, não foram possíveis de detectar, e que poderiam provocar consideráveis volumes de perdas anuais. De acordo com GOMES (2011), o CmN é composto por vários componentes – apresentados na Tabela 2.3 -, sendo que, a importância de cada um desses componentes varia, de sistema para sistema, em função do tipo de ocupação (residencial, industrial, comercial e serviços públicos), do nível socioeconómico da região, da dimensão do próprio sistema, do número de consumidores e do estado de conservação das infra-estruturas.

Tabela 2.3 - Componentes do CmN. Adaptado de BUTLER (2009) e GOMES (2011)

Caudal mínimo nocturno [m³/h]	Caudal medido e/ou estimado no ponto de entrega* [m ³ /h]	Consumo medido e/ou estimado [m ³ /h]	Grandes consumos não-domésticos [m ³ /h]
			Pequenos consumos não-domésticos [m ³ /h]
			Consumos domésticos [m ³ /h]
	Perdas a montante do ponto de entrega* [m ³ /h]	Perdas no ramal de ligação a jusante do ponto de entrega [m ³ /h]	Perdas reais [m ³ /h]
		Perdas no ramal de ligação a montante do ponto de entrega [m ³ /h]	
		Perdas na rede de distribuição [m ³ /h]	
		Serviço de manutenção, lavagem de filtros e limpeza de reservatórios [m ³ /h]	

* Ponto de entrega: corresponde aos limites de propriedade e/ou contadores.

Apresenta-se de seguida a definição dos vários componentes do CmN:

- **Caudal medido e/ou estimado no ponto de entrega:** Caudal medido/estimado no ponto de entrega, durante o período de menor consumo;
- **Perdas a montante do ponto de entrega:** Diferença entre o CmN e o caudal medido e/ou estimado no ponto de entrega. Corresponde às perdas no ramal de ligação a montante do ponto de entrega, e, ainda, às perdas na rede de distribuição, no armazenamento, na adução e no tratamento;
- **Consumo medido e/ou estimado:** Corresponde ao somatório do consumo autorizado, medido e/ou estimado, ao nível do ponto de entrega. Corresponde aos grandes consumos não-domésticos, pequenos consumos não-domésticos e consumos domésticos;
- **Perdas reais:** Diferença entre o CmN e o consumo medido e/ou estimado. Inclui as perdas de água a montante e a jusante do ponto de entrega;
- **Perdas no ramal de ligação a jusante do ponto de entrega:** Corresponde à diferença entre o caudal medido e/ou estimado no ponto de entrega, e o consumo medido e/ou estimado. Corresponde ao volume das perdas de água na rede predial, a jusante do contador.

Parte do consumo ocorrido pode ser assumida como sendo independente da pressão - enchimento de autoclismos e reservatórios prediais, máquinas de lavar roupa e loiça, entre outros -, e a restante como sendo dependente da pressão - uso de chuveiros e lavatórios, rega de jardins, entre outros -.

No início da década de 1990, no Reino Unido, foi realizada uma experiência que tinha como objectivo estimar as várias componentes do consumo de água e das perdas ocorridas, durante o período nocturno. Como resultado, foram publicados valores e métodos de avaliação do CmN e de perdas de água, que começaram a ser usados como referência, no que diz respeito à definição de metodologias de avaliação para os componentes do CmN, para suporte à gestão e exploração de sistemas de abastecimento de água, conforme mostram as Tabelas 2.4 e 2.5, que a seguir se apresentam:

Tabela 2.4 - Componentes do CmN, para uma pressão de serviço de 50 m.c.a. Adaptado de BUTLER (2009) e GOMES (2011)

Componentes do CmN		Valores e método de avaliação
Rede de distribuição pública (variáveis dependentes da pressão)		
Rede de distribuição	Perdas de fundo (*)	40 l/km/h x Comprimento da rede (km)
Rede de distribuição	Roturas visíveis	Número x Caudal (depende do diâmetro da conduta)
Rede de distribuição	Roturas não visíveis	Número x Caudal (depende do diâmetro da conduta)
Ramal de ligação	Perdas de fundo (*)	3 l/ramal/h x Número de ramais
Ramal de ligação	Roturas visíveis e não visíveis	Número de roturas x 1,6 m ³ /h
Rede privativa/ jusante do ramal de ligação (caudal dependente da pressão)		
Ramal de ligação (até a rede predial)	Perdas de fundo (*)	0,5 l/ramal/h x Número de ramais
Ramal de ligação (até a rede predial)	Roturas visíveis e não visíveis	Número de roturas x 1,6 m ³ /h
Rede predial	Perdas de fundo (*)	0,5 l/fogo/h x Número de fogos
Consumo nocturno (Pode ou não depender da pressão)		
Consumos domésticos	Consumo norma (**)	1,7 l/fogo/h x Número total de fogos ou 0,6 l/habitante/h x População total (média de 2,8 habitante/fogo)
Pequenos consumos não-domésticos	Grupo A	0,9 l/ramal/h x Número utilizadores
	Grupo B	6,2 l/ramal/h x Número utilizadores
	Grupo C	12,6 l/ramal/h x Número utilizadores
	Grupo D	20,5 l/ramal/h x Número utilizadores
	Grupo E	60,0 l/ramal/h x Número utilizadores
Grandes consumos não-domésticos	Consumo individual (> 500 l/h)	Soma individual dos vários consumos

(*) De acordo com o estado de conservação das infra-estruturas, estes valores podem variar relativamente ao valor médio de $\pm 50\%$

(**) Corresponde a aproximadamente 17% de fogos “activos” ou 6% de população “activa”, considerando um consumo médio 10 l/h

Tabela 2.5 – Categorias de utilizadores, para pequenos consumos não-domésticos. Adaptado de BUTLER (2009) e GOMES (2011)

Categoria de utilizadores	Tipo de utilizadores
Grupo A	Bancos, igrejas, estações de tratamento de água potável e águas residuais
Grupo B	Centros comerciais, escritórios, lavandarias, grandes consumidores domésticos, quintas, estações de garagens, pousadas/residenciais, zona de caravanas
Grupo C	Hotéis, escolas, restaurantes, cafés, edifícios públicos
Grupo D	Hospitais, indústrias, WC público
Grupo E	Lares de idosos, minas e pedreiras

Uma forma de comparar caudais, para verificar a existência de fugas, numa determinada ZMC, consiste em determinar o CmN, como sendo uma percentagem do caudal médio diário (Cmd). Quanto maior for essa percentagem, maior é a probabilidade do potencial de fugas ser elevado, conforme mostram as Figuras 2.32 e 2.33. THORNTON et al. (2004) explicam que este método depende das características do sistema e da ZMC em análise, uma vez que podem existir áreas, nomeadamente áreas industriais, com consumidores de 24h, que contribuem, em grande medida, para o padrão do Cmd. Neste caso, cabe aos responsáveis pelo controlo de perdas, identificar as zonas com elevada relação entre o caudal nocturno e o Cmd e, com base nos resultados obtidos, formular um programa específico de identificação de fugas.

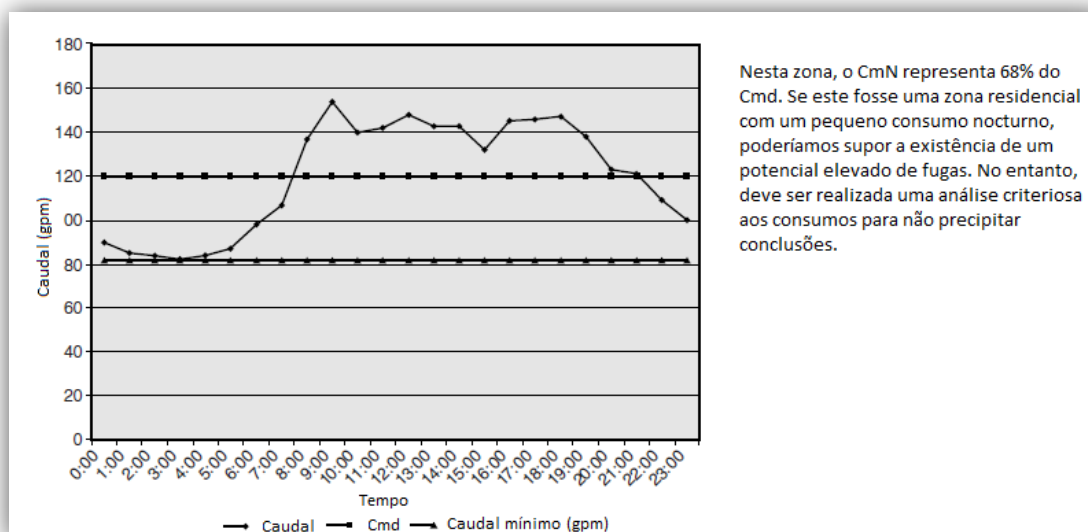


Figura 2.32 - Comparação entre o caudal nocturno e o Cmd (THORNTON et al., 2004)

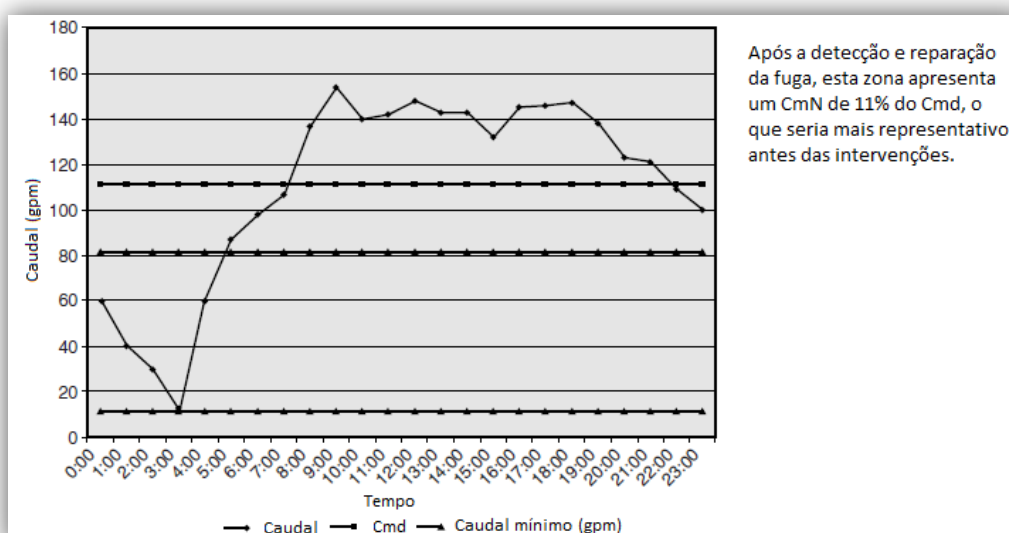


Figura 2.33 - Comparação entre o caudal nocturno e o Cmd, após detecção e reparação de fugas (THORNTON et al., 2004)

Num programa de detecção de perdas de água, após a localização e reparação das fugas, a relação existente entre o caudal nocturno e diário regressa ao que é considerado normal, sendo necessário proceder a uma nova e constante monitorização, para verificar se e onde as fugas reaparecem.

2.7 Medição de consumos

A medição de consumos é essencial, não só para garantir a sustentabilidade das EG, em particular, como a dos recursos hídricos, em geral. Além disso, permite, estabelecer e aplicar o princípio do utilizador-pagador, e obter dados para o cálculo do balanço hídrico num sistema de abastecimento de água.

É um processo que envolve o recurso a equipamentos específicos - contadores de água -, leituras periódicas e transferência de dados para sistemas de facturação.

Devido à sua grande importância, a medição de consumos deve ser efectuada com o maior rigor possível, sendo para isso, imprescindível, a correcta selecção e dimensionamento dos contadores a instalar, bem como a gestão criteriosa do parque de contadores.

Uma vez que os resultados experimentais desta dissertação, são influenciados pela medição dos consumos, este aspecto reveste-se de grande importância, pelo que, este capítulo irá desenvolver as seguintes matérias: as vantagens da medição de consumos; e ao tipo de contadores existentes no mercado, com especial ênfase para os contadores mecânicos.

2.7.1 Vantagens da medição de consumos e caudais

Como já foi referido, o processo de medição de caudais é fundamental para o conhecimento dos consumos de água, para a respectiva facturação, e para o cálculo do balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água. Existem muitos benefícios relacionados com a correcta medição dos caudais de água. A BCWWA (2012) – British Columbia Water & Waste Association - enumera alguns desses benefícios:

1. Potenciais benefícios na gestão de sistemas de abastecimento de água:

- *A medição pode melhorar a eficiência operacional, facilitar o dimensionamento de instalações e avaliação de medidas de conservação de infra-estruturas* – Através da medição do caudal, é possível aferir a quantidade de água que entra em diferentes sectores do sistema, permitindo uma melhor gestão e monitorização dos mesmos. Se um programa de medições for bem gerido, este pode contribuir para a minimização dos custos operacionais, aumentando assim a eficiência operacional das EG.

Outros benefícios que podem ocorrer são: identificação de oportunidades de melhoria da operação de sistemas, dimensionamento de instalações com base nas reais necessidades de consumo, reduzindo assim os custos associados ao sobredimensionamento de infra-estruturas, e avaliação de medidas de conservação infra-estrutural;

- A medição serve de ferramenta adicional para a detecção de fugas, reduzindo assim os custos associados ao aumento da oferta de água para compensar a água perdida – Um programa de controlo de perdas de água que integre a medição de caudais em todos os pontos-chave de um sistema, pode reduzir substancialmente o índice de fugas/roturas, salvaguardando os custos operacionais associados e a protecção das infra-estruturas;
- Os medidores com detecção de refluxo podem contribuir para a saúde pública – Visto que o refluxo de água (de jusante para montante do contador) pode ser prejudicial para a saúde pública, é importante que este seja medido, provendo às EG informação necessária para resolver essas situações e assegurar o correcto funcionamento da rede;
- A medição permite, a fixação de preços com base nos volumes consumidos, e a redução significativa do consumo – A implementação de medidores de caudal, associados à fixação de preços com base nos volumes de água consumidos, permite uma redução significativa do consumo, na ordem dos 15-30%. A escala de redução varia consoante as características dos clientes (doméstico, comercial, industrial, entre outros) e é determinada, em parte, pela estrutura de preços em vigor.

2. Potenciais benefícios na conservação da água, associados a um programa de medições eficiente:

- A redução do consumo de água resulta numa poupança do consumo energético, beneficiando as EG, através da redução de custos, e beneficiando o ambiente através da redução da pegada ecológica – ao reduzir o consumo de água, reduz-se também os custos energéticos de bombagem e tratamento da água. Estas reduções podem, em certa medida, compensar os custos associados aos programas de medições de água, tais como, a instalação e manutenção de medidores de caudal. Podem, igualmente, contribuir para uma redução dos impactes ambientais a eles associados.
- A redução do consumo de água resulta na redução do volume de águas residuais a serem colectadas e tratadas, salvaguardando custos adicionais e promovendo benefícios ambientais – A redução do volume de águas residuais colectadas, resultante do menor consumo de água, tem como vantagens: a minimização dos custos associados ao tratamento de águas residuais – custos de operação e manutenção de ETAR -, e a salvaguarda da qualidade e da quantidade de recursos hídricos disponíveis;
- A medição pode ser uma ferramenta importante em épocas de escassez de água – A medição dos consumos é uma ferramenta importante, para a avaliação dos mesmos e

para a minimização de riscos ambientais, como por exemplo, a falta de disponibilidade de água. Assim, a medição de consumos, e posterior facturação, apresenta uma elevada eficiência no controlo de situações de escassez de água, através da racionalização da mesma;

- Desenvolvimento sustentável – O desenvolvimento sustentável pressupõe que a geração actual utilize os recursos disponíveis para seu proveito, sem que isso prejudique o acesso a esses mesmos recursos, pela geração futura. Ao incentivar a conversação da água, promove-se o desenvolvimento sustentável da mesma. Conforme referido anteriormente, um programa de medições, aliado a uma política de consumidor-pagador, consciencializa e incentiva as comunidades e as EG a utilizarem a água de forma mais eficiente e sustentável.

3. Benefícios para os consumidores:

- Ajuda na definição justa e equitativa de preços, consoante as diferentes categorias de consumo – Um dos argumentos mais utilizados para a implementação de programas de medição, é a distribuição equitativa de custos de serviços de água, a todos os consumidores, internalizando possíveis externalidades (e.g. redução de recursos hídricos). Resumidamente, quem consome mais paga mais, através da aplicação do princípio do consumidor-pagador;
- Permite que os consumidores tenham uma maior preocupação com a conservação da água – Com a previsão de crescimento da população mundial, e redução da disponibilidade de recursos hídricos, a tendência é para o aumento dos custos dos serviços de água, o que incentiva os consumidores a poupar, uma vez que estes tendem a ajustar os consumos, de acordo com as suas disponibilidades financeiras;
- Permite que os consumidores tenham o feedback do seu comportamento – A utilização de medidores de água e da política do consumidor-pagador, são duas formas de transmitir, directamente aos consumidores, como os seus comportamentos/acções afectam o consumo de água e a sua disponibilidade na natureza.

2.7.2 Tipos de contadores

Neste capítulo serão analisados os principais tipos de contadores, utilizados pelas EG, para a medição de consumos, especialmente, os domésticos. Os contadores de água medem, de

forma contínua, o volume de água que é consumido, registando e indicando o volume total consumido, através do dispositivo indicador, conforme ilustrado na Figura 2.34.



Figura 2.34 – Indicação da leitura (itron.com, 2013)

Existe uma grande variedade de instrumentos de medição disponíveis no mercado, que funcionam por princípios mecânicos, eléctricos ou electromagnéticos. Normalmente estes instrumentos são designados como caudalímetros - Figura 2.35 -, e podem ser, segundo HENRIQUES et al. (2006):

1. Caudalímetros electromagnéticos;
2. Caudalímetros ultrassónicos;
3. Caudalímetros deprimogéneos;

Estes aparelhos apresentam um mostrador - analógico ou digital -, onde é mostrado o valor instantâneo do caudal a medir. Em comparação com os contadores de água convencionais, os caudalímetros apresentam algumas vantagens, tais como, a ausência de perda de carga, e a elevada precisão. Os custos elevados são um dos condicionalismos na adopção de caudalímetros para medição de consumos domésticos, para além da necessidade da instalação de um totalizador, capaz de integrar todos os valores de caudal ao longo de



Figura 2.35 – Imagem de um caudalímetro

um período de tempo, e de os acumular, de forma a permitir leituras intervaladas (HENRIQUES et al., 2006).

No que respeita ao caso em estudo, a INDAQUA Feira utiliza caudalímetros, principalmente electromagnéticos, para a medição contínua do caudal que chega aos reservatórios - através das condutas adutoras da AdDP -, e o que sai dos mesmos, para a rede de distribuição.

No entanto, a INDAQUA Feira utiliza, para medição de consumos, os contadores de água mecânicos, os quais se classificam em dois grandes grupos: contadores de velocidade e contadores volumétricos.

2.7.2.1 Contadores de velocidade

Os contadores de velocidade baseiam-se na medição da velocidade de rotação de um molinete, ou dispositivo análogo, posto em movimento por acção do líquido. LENCASTRE (1996) explica que estes contadores são fundamentalmente constituídos pelos seguintes órgãos: **órgão motor**, **transmissor** (normalmente do tipo redutor, que assegura a transmissão do movimento do órgão motor ao mecanismo de medida e registo); **registador** (usualmente do tipo totalizador) e **invólucro** (estrutura onde se alojam os órgãos referidos, dotada de um tubo de entrada e outro de saída, por onde passa o líquido a medir).

Estes instrumentos contemplam várias soluções construtivas, entre as quais, os contadores normalmente designados como "de turbina" - Figura 2.36 -, cujo princípio de funcionamento se baseia, no aproveitamento da energia cinética da água, utilizada para accionar um rotor constituído por uma turbina de pás planas. ARREGUI et al., (2005) justificam que o movimento da turbina deverá ser proporcional à velocidade da água que passa por ela e, consequentemente, ao caudal.

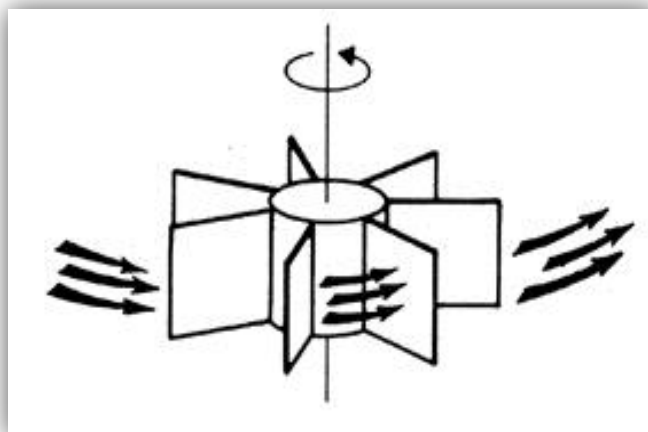


Figura 2.36 – Esquema de uma turbina de pás planas (janz.pt, 2013)

Estes contadores podem ser, **mono-jacto** e **multi-jacto**, conforme a solução construtiva adoptada, e são os mais utilizados para a medição de consumos domésticos (janz.pt, 2013).

Nos contadores de velocidade, do tipo **mono-jacto**, a água apenas actua na turbina de modo tangencial num único ponto, conforme se verifica na Figura 2.37, pelo que, o arranque da turbina não se verifica antes de ser atingida uma dada velocidade. Por este motivo, este tipo de contadores apresentam uma precisão inferior para pequenos caudais, quando comparados com os contadores volumétricos (janz.pt, 2013).

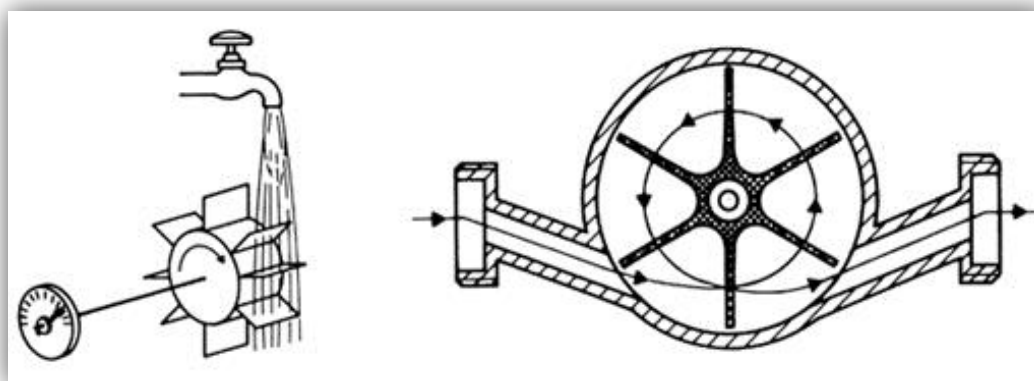


Figura 2.37 – Esquema do funcionamento de um contador de velocidade do tipo mono-jacto (janz.pt, 2013)

Nos contadores de velocidade, do tipo **multi-jacto**, o accionamento da turbina é realizado em diversos pontos, devido à existência de uma câmara velocimétrica, equipada com tubeiras de orientação de fluxo, que envolve a turbina, através da qual, a água sai pela parte superior, conforme ilustrado na Figura 2.38.

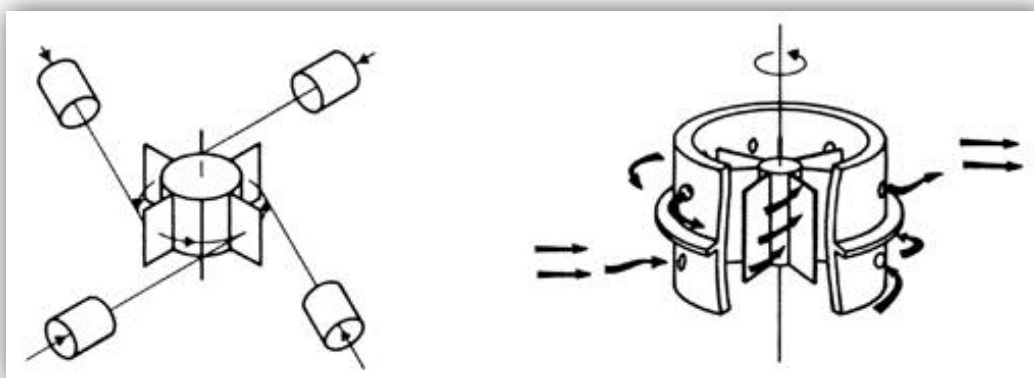


Figura 2.38 - Esquema do funcionamento de um contador de velocidade do tipo multi-jacto (janz.pt, 2013)

2.7.2.2 Contadores volumétricos

Segundo o manual de Hidráulica Geral, do professor Armando Lencastre, o método mais rigoroso de medir caudais de água em pressão, é o método volumétrico, que consiste em medir o volume que se escoia durante um certo tempo, obtendo-se o caudal médio durante esse tempo. Porém, este método só é viável para pequenos caudais (Lencastre, 1996).

Os contadores volumétricos baseiam-se na medição de volumes, nos quais o órgão motor é constituído por um disco, pistão ou roda que, movido por acção da água, se desloca no interior da câmara de medida, impulsionando, por cada oscilação, translação ou rotação, um certo volume de líquido - Figuras 2.39 e 2.40 -. Este processo resulta na medição eficaz de todo o volume de água que atravessa o contador, resultando numa medição exacta, exceptuando quando existem pequenas fugas devidas às folgas entre os dispositivos existentes no mesmo (janz.pt, 2013).

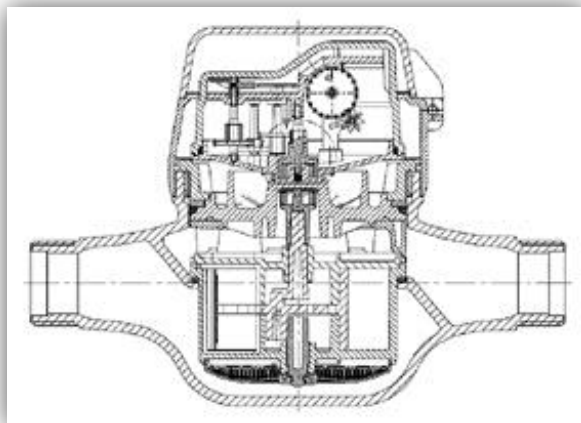


Figura 2.39 - Contador volumétrico visto em corte (janz.pt, 2013)

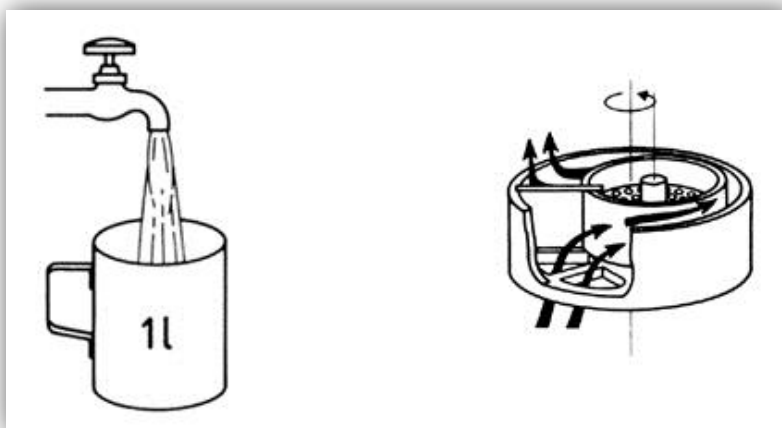


Figura 2.40 - Princípio do funcionamento de um contador volumétrico (janz.pt, 2013)

O movimento do órgão motor é transmitido ao totalizador, que regista o volume movido, em metros cúbicos e seus submúltiplos.

Os contadores volumétricos são mais resistentes a muitos dos factores que afectam o correcto funcionamento dos contadores de velocidade. No entanto, a existência de sólidos em suspensão pode afectar a sua precisão, e em alguns casos, provocar o seu entupimento. ARREGUI et al. (2005) afirmam que, para baixos caudais, este tipo de contadores apresentam um grau elevado de exactidão.

2.7.3 Factores que influenciam a precisão da medição de consumos

O erro de um contador de água não é uniforme, sendo que, para baixos caudais os erros são maiores e mais sensíveis às variáveis externas, em comparação com caudais médios ou elevados. Assim, o volume de água que um contador regista, em comparação com o volume real que é consumido, é afectado por dois parâmetros: os padrões de consumo dos utilizadores, e as curvas de erros característicos de cada tipo de contador (ARREGUI et al., 2005).

A definição de padrões de consumo dos utilizadores, está sujeita a incertezas, devido aos seguintes factores (ARREGUI et al., 2005):

- Deficiente estratificação da população em diferentes classes de consumo;
- Deficiente selecção de uma amostra da população;
- Variação do consumo de água, seja sazonal ou diária;
- Distorções causadas pela medição e *data loggers*.

ARREGUI et al. (2005), afirmam que os contadores de água que possuem uma elevada precisão na medição de caudais, especialmente para baixos caudais, apresentam curvas de erros, que são afectados pelos seguintes factores:

- **Posição de montagem** – A incorrecta posição de montagem dos contadores de água, aumenta a fricção entre as peças móveis. Esta fricção ocorre, exclusivamente, em situações de baixos caudais. Este facto é visível na Figura 2.41, que representa a influência da posição de montagem dos contadores, na sua precisão, para baixos caudais. Quando os contadores não são montados na posição recomendada pelos fabricantes, podem ser sujeitos a maior taxa de degradação, devido ao mau funcionamento das peças móveis, para além do aumento dos encargos económicos relacionados com a manutenção e substituição dos mesmos;

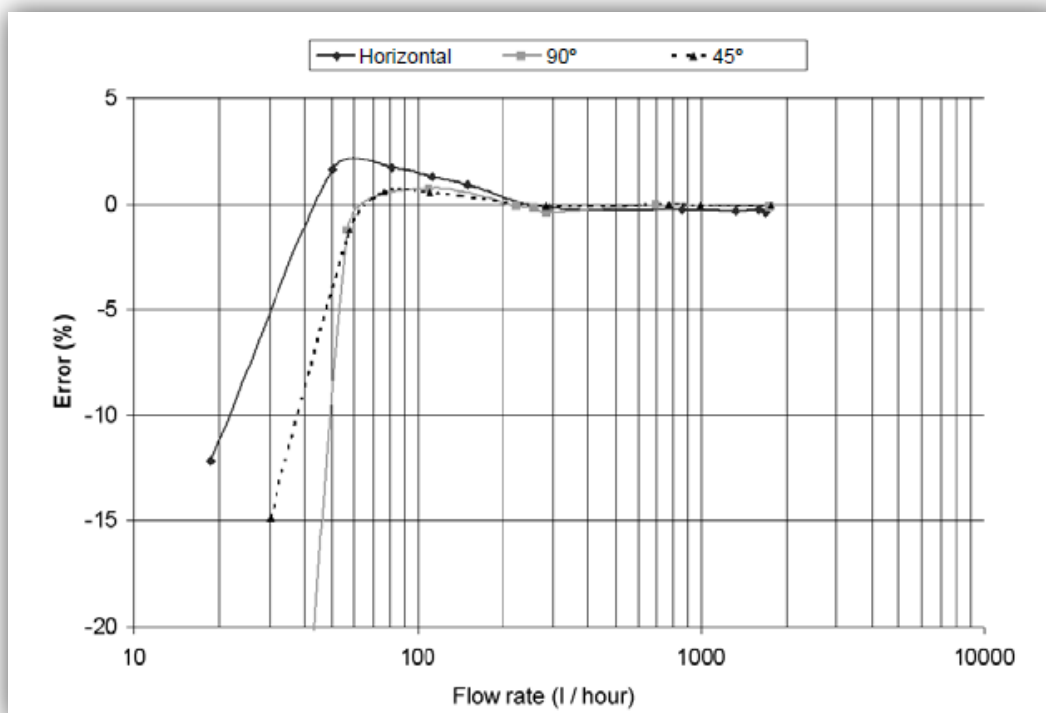


Figura 2.41 - Curvas de precisão para diferentes posições de montagem (ARREGUI et al., 2005)

- **Sólidos suspensos e depósitos** – Os efeitos da presença de sólidos suspensos e depósitos em contadores de velocidade, podem ser variados. Em alguns desses contadores, os depósitos podem causar um excesso de medição para caudais mais elevados e submedição para baixos caudais. No entanto, a longo prazo, a acumulação de depósitos no contador - exemplificado na Figura 2.42 -, pode impedir a rotação do órgão rotor, causando grandes erros de submedição;



Figura 2.42 - Depósitos em contadores domésticos (ARREGUI, 2005)

- **Fugas e reservatórios domiciliários** – Uma das principais causas da submedição de consumos, prende-se com o facto de os contadores apresentarem uma gama mais elevada de erros, para baixos caudais. Pequenas fugas a jusante do contador, e amortecimento de caudais devido à existência de reservatórios domésticos, originam baixos caudais, que podem não ser medidos, provocando submedição de consumos;
- **Bloqueios parciais do filtro de entrada** – Alguns contadores são sensíveis ao impacto da água no órgão rotor. Nestes casos, o bloqueio parcial dos filtros de entrada, pode afectar a precisão do contador, principalmente nos contadores domésticos “mono-jacto”.

2.8 Telemetria

Tal como já foi referido, a medição dos consumos de água, é efectuada através de contadores, que medem o volume de água que os atravessa, e registam o seu valor num dispositivo indicador, permitindo desta forma, a rápida leitura desse volume. Segundo LOUREIRO et al. (2007), um sistema de leituras de consumos é fundamental para uma eficiente gestão económica e técnica de um sistema de abastecimento, devendo ser o mais fiável possível.

Normalmente, as leituras são efectuadas manualmente, com periodicidade mensal, bimestral ou semestral, podendo mesmo ser anual, e têm como principal finalidade a facturação dos consumos. Essa periodicidade deve ser sustentável, tanto a nível técnico, como económico. O Decreto Regulamentar 23/95, de 23 de Agosto, estipula que a periodicidade de leitura dos contadores pela EG, seja, no mínimo, de uma vez de quatro em quatro meses. No caso em estudo, a INDAQUA Feira, efectua as leituras dos contadores de água de dois em dois meses, sendo que, nos outros meses, a facturação é realizada através da estimativa de consumos.

Este tipo de leitura está sujeito a uma maior probabilidade de ocorrência de erros, devido à falta de acessibilidade dos contadores, e à necessidade de efectuar estimativas de consumo, para além da ocorrência de eventuais erros humanos, intrínsecos a quem realiza as leituras. Actualmente, algumas EG procuram minimizar a ocorrência desses erros, através da implementação de sistemas alternativos de leitura.

É nesse contexto que surgem os Sistemas de Telemetria Domiciliária (STD) - que se têm revelado serem bastante eficazes -, permitindo, segundo LOUREIRO et al. (2007), a recolha de dados de consumo, de forma automática, transferindo-os e armazenando-os numa base de dados central, normalmente ligada a sistemas de facturação e de gestão de clientes.

Antes do estado tecnológico da actualidade, os STD – no período do início da sua implementação –, nem sempre tiveram a imagem de eficácia que têm nos dias de hoje; eram

associados a elevados custos de investimento, a falhas nos sistemas de comunicação, a falta de suporte técnico, e a baixa durabilidade das baterias das componentes do STD - *Unidade local, Unidade intermédia, Sistema de comunicações, e Unidade remota* -. Estes factores contribuíram para que as primeiras aplicações de STD - nos anos 90 -, não fossem bem-sucedidas. Com a evolução tecnológica verificada nas últimas décadas, sobretudo, na área dos sistemas de comunicação sem fios, no aumento significativo do tempo de vida das baterias e no desenvolvimento dos equipamentos de medição, a relação custo-benefício destes sistemas aumentou (MEDEIROS et al., 2007).

LOUREIRO et al. (2007) explicam que, a telemetria facilita a medição de caudais em pontos estratégicos da rede de distribuição. Facilitam, também, a obtenção de informações para a facturação, para o cálculo de balanços hídricos, para formulação de sistemas de tarifas, e para obtenção de padrões de consumo, entre outros.

A Câmara Municipal de Albufeira (CMA), que tem investido nestes sistemas, publicou, na sua revista municipal – Revista Albufeira, de Setembro de 2011 -, algumas das vantagens verificadas com a utilização dos mesmos:

- Leituras mais frequentes e fiáveis;
- Eliminação das estimativas de consumos;
- Facturação mais detalhada e rigorosa, com base em consumos reais, reduzindo o volume de água não facturado;
- Acompanhamento diário dos consumos;
- Detecção, mais eficaz, de existência de fugas, de remoção do contador ou de consumos excessivos;
- Redução do número de reclamações, relacionadas com erros de medição;
- Redução dos custos de leitura dos contadores;
- Melhoria da gestão do parque de contadores e da manutenção da rede;
- Melhoria da qualidade de serviço prestado.

Para além destas vantagens verificadas pela CMA, MEDEIROS et al. (2007) identificam outras que merecem especial atenção, tais como: a valorização dos recursos humanos, através da atribuição de novas funções aos leitores; a possibilidade de implementação de políticas tarifárias segmentadas, por sazonalidade, ou por períodos nocturnos; a possibilidade de realizar estudos mais fiáveis ao nível dos consumos mínimos nocturnos; a realização de balanços hídricos mais fiáveis, e a possibilidade de integração com todos os sectores das EG, conforme ilustra a Figura 2.43.

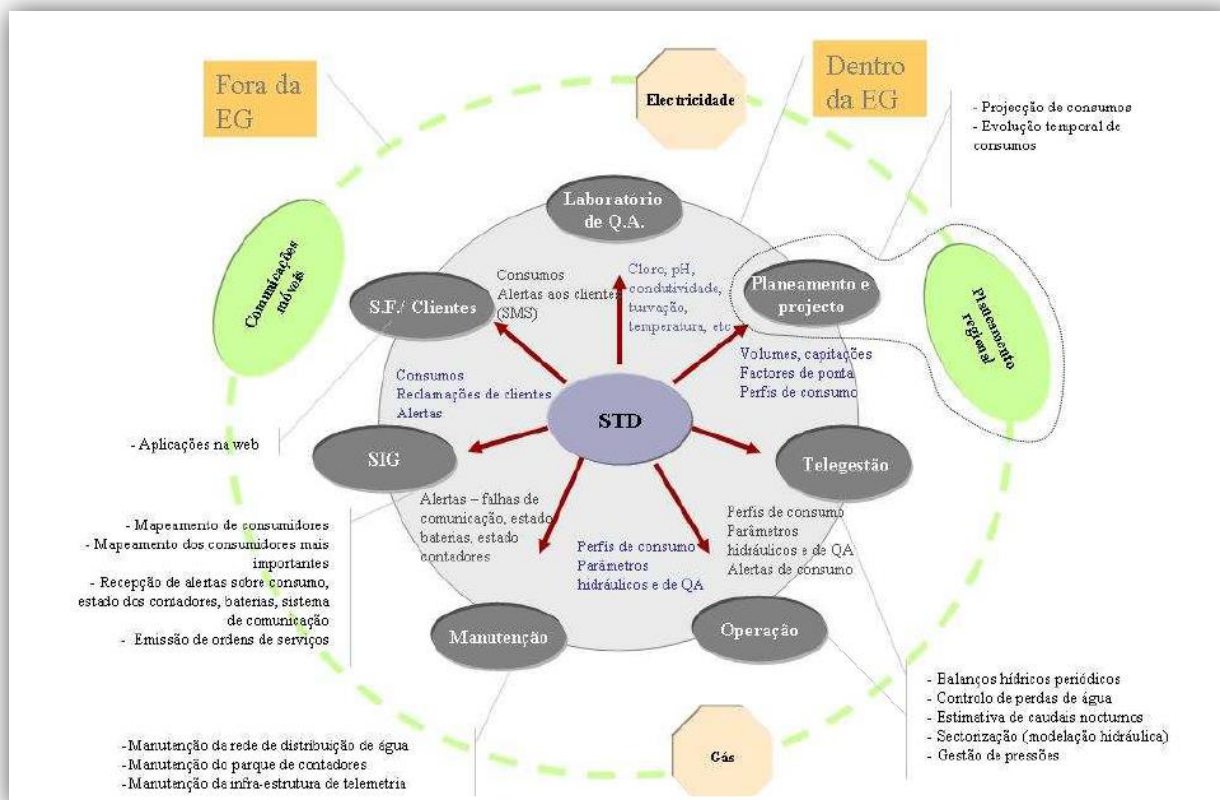


Figura 2.43 - Integração de STD com outros sectores das EG (MEDEIROS et al., 2007)

Embora as vantagens sejam importantes, a implementação de STD implica alguns desafios para os quais as EG devem estar preparadas (LOUREIRO et al., 2007; MEDEIROS et al, 2007), como sejam:

- Necessidade de dispor de um sistema de facturação e de gestão de clientes eficiente;
- Necessidade de formar os futuros operadores destes STD;
- Gestão e manutenção de uma nova infra-estrutura de recolha, transmissão e armazenamento de informação;
- Renovação e adequação do parque de contadores aos requisitos dos sistemas de telemetria;
- Necessidade de operar com novos sistemas de processamento e análise dos dados de consumo, implicando a adequada formação de equipas especializadas nestas temáticas;
- Interligação com outros sistemas de informação utilizados pelas EG;
- Elaboração de uma análise custo-benefício da aplicação de STD.

Além dos STD, as EG podem optar por utilizar sistemas de telemetria na gestão da totalidade dos seus sistemas de abastecimento. Segundo MEDEIROS et al. (2007), esses sistemas podem ser estratificados em diferentes níveis, da seguinte forma:

- **Nível 1** – Telemetria ao nível do sistema de adução e transporte;
- **Nível 2** – Telemetria ao nível das áreas de influência de reservatórios ou ZMC;
- **Nível 3** – Telemetria ao nível dos grandes consumidores e contadores-totalizadores em edifícios;
- **Nível 4** – Telemetria ao nível dos consumidores individuais.

2.8.1 Everblu Cyble

A tecnologia Cyble permite haver uma correspondência exacta, entre o registo mecânico do contador de água, e os dados lidos remotamente, fomentando o uso de STD na gestão, medição e monitorização de consumos de água.

A Figura 2.44 ilustra a integração do Cyble num contador de água doméstico.

Embora esta tecnologia ainda não seja amplamente utilizada em Portugal, existem algumas dezenas de milhões de unidades instaladas em todo o mundo, quer em pequenos contadores residenciais (DN 15), quer em grandes contadores (DN 500) (itron.com, 2013).

O Cyble é totalmente compatível com os contadores da Itron devidamente equipados, e pode ser facilmente instalado/adaptado a outros contadores, podendo ser aplicado em contadores domésticos, comerciais e industriais, abrangendo assim todo o sistema de telemetria de uma rede de abastecimento - Figura 2.45 -.



Figura 2.44 - Everblu Cyble Enhanced (itron.com, 2013)

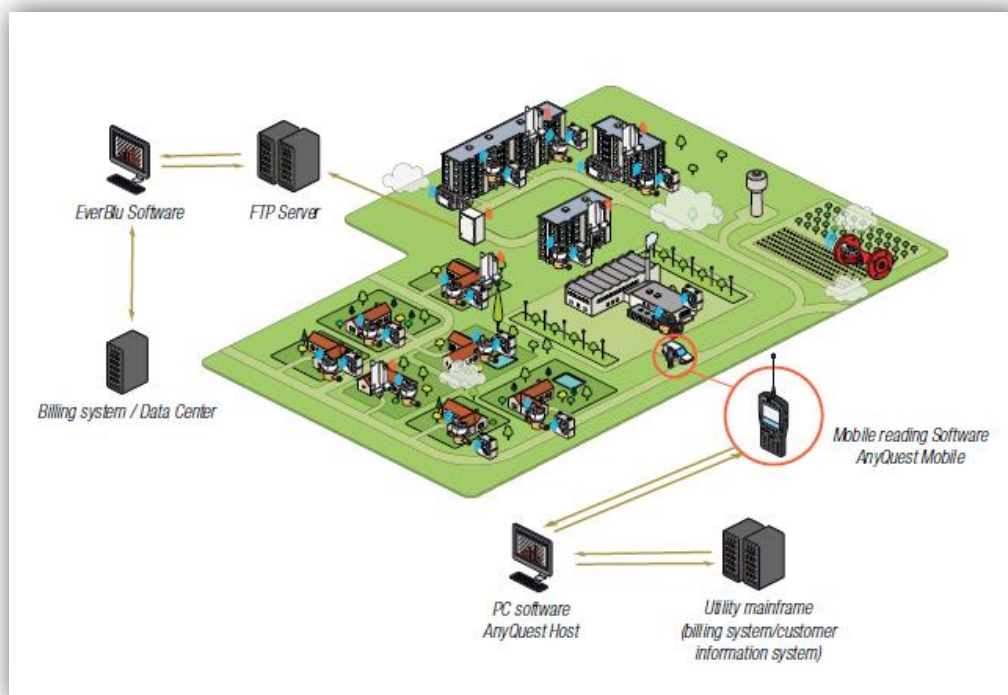


Figura 2.45 - Sistema de telemetria da tecnologia Cyble (itron.com, 2013)

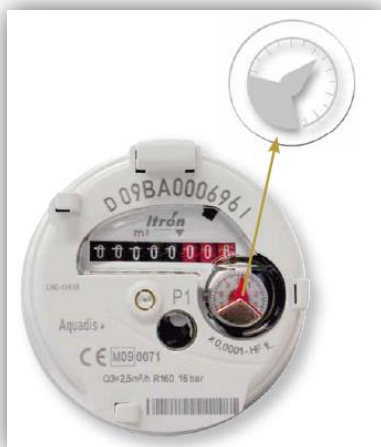


Figura 2.46 - Contador pré-equipado com ponteiro (itron.com, 2013)

impulsos permitem medir o caudal de água nos dois sentidos (itron.com, 2013).

Antes da sua instalação, deve-se confirmar que o contador de água está pré-equipado com a tecnologia Cyble. Este pré-equipamento é facilmente reconhecido

O Cyble mede os consumos através de impulsos, que são detectados com a rotação do ponteiro que está previamente instalado no contador - Figura 2.46 -. No caso de se tratar de impulsos de alta frequência, que são os menores que podem ser transmitidos remotamente, um ciclo de rotação do ponteiro representa um impulso - Figura 2.47 -. Estes

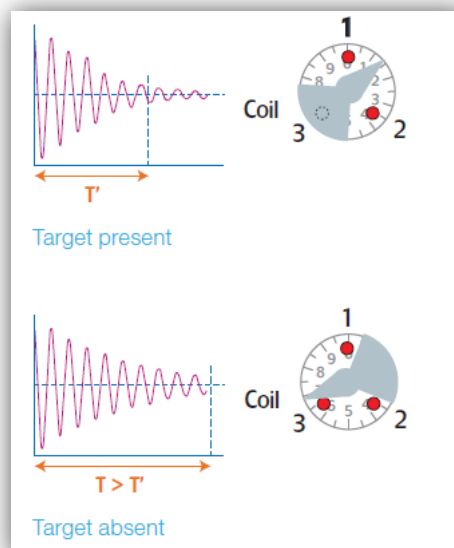


Figura 2.47 - Princípio de funcionamento do ponteiro (itron.com, 2013)

pelo ponteiro com placa metálica, a qual se encontra no totalizador do contador.

De seguida, é descrito o processo de instalação dos Cybles, nos contadores escolhidos para o caso de estudo:

1. Escolha do Cyble e preparação das ferramentas necessárias para a sua instalação - Figura 2.48 -;

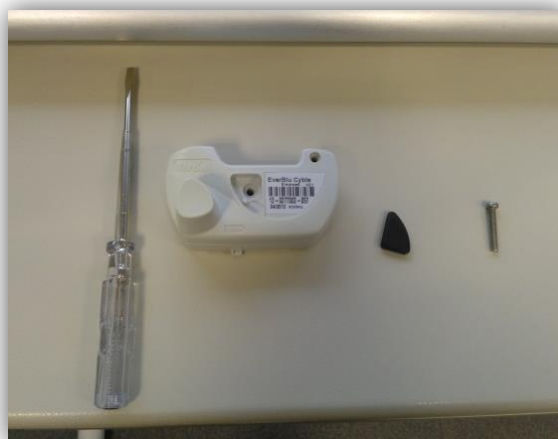


Figura 2.48 - Cyble e as ferramentas necessárias para a sua instalação

2. Limpeza da superfície plástica do contador, onde são visíveis o totalizador e os ponteiros;
3. Quebra da cobertura plástica - Figura 2.49 -;

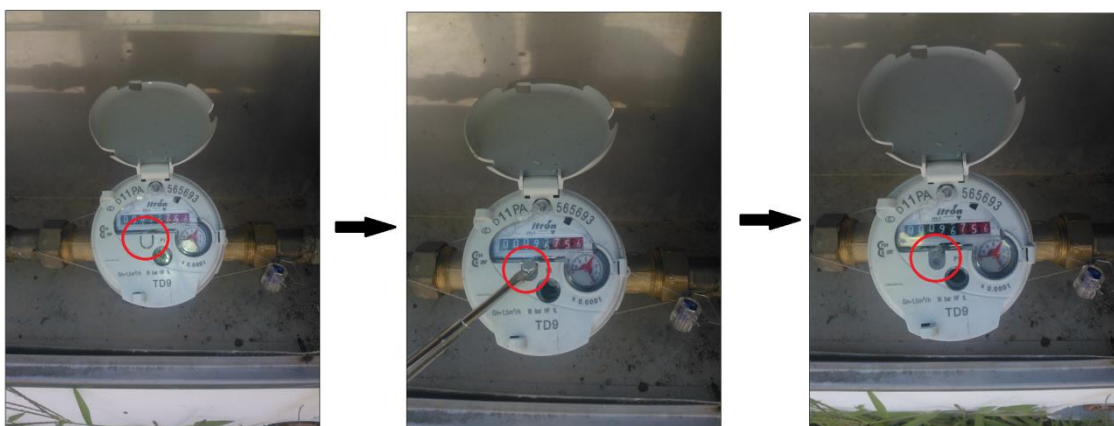


Figura 2.49 - Pormenor da quebra da cobertura plástica onde será parafusado o Cyble

4. Colocação do Cyble, fazendo-o deslizar para o lado direito sobre o totalizador a fim de encaixar nos terminais na fixação do contador - Figura 2.50 -;

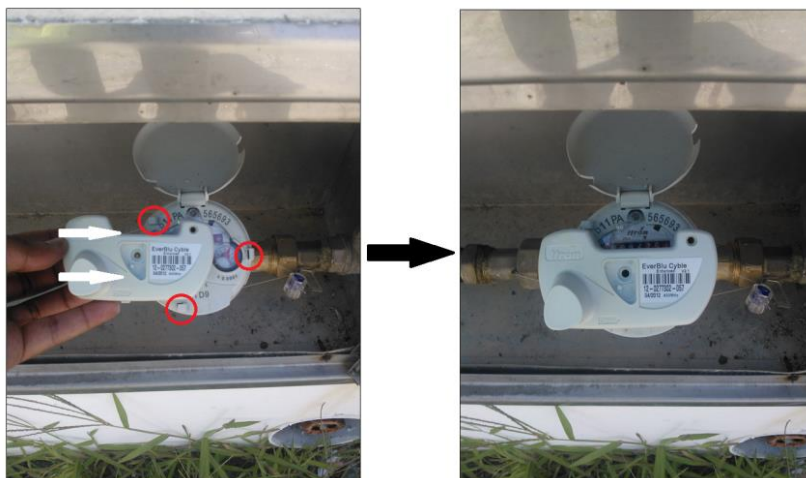


Figura 2.50 - Pormenor da colocação do Cyble no contador

5. Fixação do Cyble no contador - Figura 2.51 -;

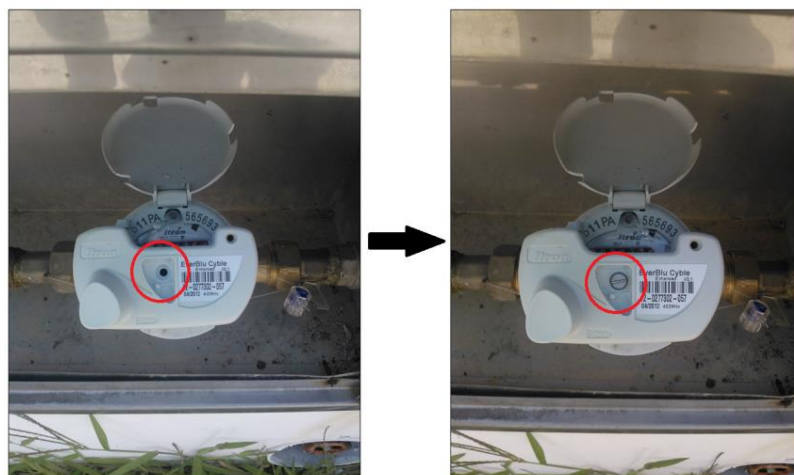


Figura 2.51 - Pormenor da colocação do parafuso

6. Colocação do selo preto no local indicado, a fim de activar a contagem e a comunicação rádio - Figura 2.52 -;



Figura 2.52 - Pormenor da colocação do selo preto

Após a instalação e activação do Cyble, este está pronto para a transmissão dos consumos, efectuada 24 horas por dia, e permite uma rápida leitura e geração de facturas. Existem outras informações relevantes que também são transmitidas, tais como:

- A ocorrência de refluxo, especialmente para redes pressurizadas;
- A ocorrência de fugas de água;
- A ocorrência de elevados caudais/consumos;
- A detecção de fraudes;
- A ocorrência de problemas no contador e no Cyble;
- A ocorrência de picos de caudal/consumo;

A transmissão é efectuada via rádio, directamente para um terminal portátil de leitura, designadamente, o PSION - Figura 2.53 -.



Figura 2.53 – PSION (itron.com, 2013)

2.9 Gestão de pressões na rede de distribuição

A gestão de pressões é uma das formas mais básicas e eficazes de optimização de sistemas de abastecimento de água, podendo ser possível recuperar os investimentos efectuados na implementação de um programa de gestão de pressões, num curto espaço de tempo. A importância da gestão de pressões, segundo FANTOZZI et al. (2009), ainda não é mundialmente reconhecida e muitas EG implementaram um programa de gestão de pressões, com base no cumprimento das restrições hidráulicas dos projectos, ao contrário de um programa de gestão activa de pressões com o objectivo de minimizar as perdas de água.

Os procedimentos de dimensionamento de redes de distribuição, pressupõem a garantia de um nível de pressão mínima, para situações mais desfavoráveis de consumos, para combate a incêndios, para a boa qualidade da água e para que, nos pontos mais críticos do sistema, seja assegurada uma pressão desejável (Figura 2.54). Assim, o estabelecimento dos níveis de pressão, baseia-se em cenários de ponta do consumo, resultando, naturalmente, em pressões superiores ao necessário durante extensos períodos de tempo, em que o consumo é inferior, caso não seja adoptado um procedimento de gestão activa de pressões.

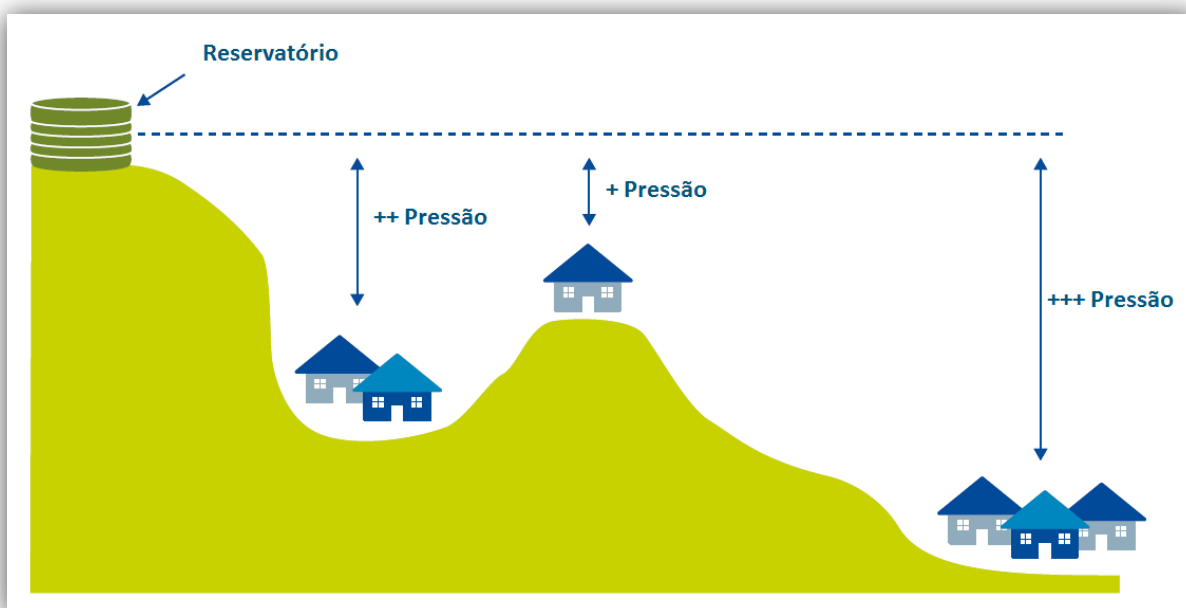


Figura 2.54 - Diagrama de pressões

Durante o período nocturno – período de baixo consumo - as pressões na rede tendem a aumentar, sendo conveniente reduzi-las ainda mais do que durante o período diurno, visto o consumo ser muito reduzido. No entanto, essa redução de pressão deve ser criteriosa, uma vez que, segundo ALEGRE et al (2005), os níveis de pressão existentes em algumas redes, são insuficientes.

A medição da pressão num sistema de distribuição assume grande importância, uma vez que permite a monitorização geral do sistema e a monitorização específica em pontos críticos, bem como a identificação de problemas de pressão inadequada nos consumidores, otimizando a exploração dos sistemas pelas EG.

Para além da medição, a gestão activa de pressões é fundamental, apresentando benefícios que devem ser tidos em conta (MISTRY; THORNTON et al., 2004; BUTLER, 2009), como sejam:

- **Redução do caudal de fugas** – A redução da pressão é essencial para a redução de pequenas fugas indetectáveis (termo anglo-saxónico – *background leakage*), por exemplo, em juntas e ligações. Esta redução permite também salvaguardar a disponibilidade de recursos hídricos;
- **Redução do consumo que é influenciado pela pressão** (e.g. bocas de rega) – Para que a água seja utilizada de forma eficiente, é necessário que as pressões nas redes não sejam excessivas, mas suficientes para uma utilização satisfatória. A gestão de pressões permite assim, controlar as pressões excessivas e a influência que estas têm no consumo, permitindo igualmente manter as pressões acima dos mínimos regulamentares.
Esta redução serve também como auxílio na gestão do consumo de água, quando é necessário restringir o seu consumo, como por exemplo, em tempos de seca;
- **Redução do índice de roturas** – Elevadas pressões e flutuações diárias de pressão, levam à deterioração da qualidade das infra-estruturas, e, conseqüentemente, à redução da vida útil das mesmas. Essa deterioração também provoca o aumento do índice de roturas, bem como dos custos associados a reparações e interrupções no abastecimento (influenciando a qualidade do serviço). Inversamente, a redução da pressão, permite a redução do índice de roturas, tendo em atenção que cada sistema possui características distintas, e essa redução poderá ser maior ou menor consoante essas características;
- **Melhoria da qualidade de serviço, aumentando a satisfação dos consumidores** – A garantia de pressões satisfatórias para os consumidores, leva a um aumento da satisfação e do grau de confiança dos mesmos nos serviços prestados pelas EG. A redução de roturas, e conseqüentemente, de falhas no abastecimento, são, também, alguns aspectos que contribuem para a melhoria contínua da qualidade do serviço;
- **Redução de custos associados aos materiais** – A possibilidade de adopção de pressões mais baixas, podem levar a que as EG possam utilizar condutas e acessórios com menor pressão nominal, que são mais baratos, com a conseqüente redução dos custos associados;

- **Garantia de caudais de incêndio** – Para que o combate a incêndios seja eficaz, é necessário que a água escoe a um determinado caudal instantâneo, consoante o grau de risco associado à área envolvente. Muitos sistemas sem controlo activo de pressões, não garantem esse caudal. Assim, é necessário um correcto dimensionamento de um sistema de controlo de pressões e uma correcta gestão do mesmo, para que os caudais de incêndio sejam garantidos.

Não obstante os benefícios que uma gestão de pressões pode providenciar, existem alguns problemas associados a essa gestão (THORNTON et al., 2004; ALEGRE et al., 2005; BUTLER, 2009), nomeadamente:

- **Falta de pressão causada pelas válvulas redutoras de pressão (VRP)** – O deficiente dimensionamento e operação das VRP, podem resultar numa falta de pressão adequada em diversos pontos da rede, sendo necessária, uma análise criteriosa das condições da rede (e.g. estado da rede, topografia) a jusante das VRP, antes de qualquer alteração da pressão;
- **Falta de pressão em edifícios altos** - Os dados fornecidos pelas cartas militares podem ser insuficientes para o planeamento de uma determinada área, do ponto de vista da topografia, devendo proceder-se à análise dos edifícios altos existentes. Em certas áreas, onde existem esses edifícios, que necessitam de elevadas pressões para suprir os consumos, uma redução da pressão pode ser possível, mas apenas se a EG estiver disponível a assumir os custos de bombeamento e modificações na canalização domiciliária;
- **Falta de pressão para consumidores especiais** – Há que considerar os efeitos resultantes da redução de pressão nas unidades domiciliárias de diálise (embora estas possam ser ajustadas), e nos consumidores industriais que tenham processos dependentes da pressão da água. O combate aos incêndios também é afectado pela redução da pressão.
Os técnicos devem discutir estes problemas com este tipo de consumidores, com o objectivo de encontrarem soluções individuais;
- **Ruído** – Em locais próximos de VRP, o ruído pode constituir um problema, uma vez que, a abertura de válvulas e a cavitação, podem causar esse efeito negativo. O ajuste das definições de funcionamento das válvulas pode diminuir os níveis ruído, mas é aconselhável que a escolha do local de instalação seja adequada. O ruído produzido pelas VRP pode ainda dificultar a detecção de fugas em função da sua interferência na zona envolvente;
- **Bloqueios nas VRP** – Estes podem ocorrer quando materiais grosseiros ficam presos nas VRP. Isso pode resultar numa falha de controlo das mesmas, levando a pressões

excessivamente altas ou baixas. É preciso ter especial atenção à manutenção dos filtros à entrada das VRP, para evitar situações de bloqueio/entupimento. É também aconselhável que a manutenção preventiva das VRP seja efectuada semestralmente;

- **Funcionamento inadequado de VRP em situações de reparação das mesmas** – O fecho de válvulas entre uma VRP e uma zona da rede, irá resultar na tentativa da VRP rectificar a aparente perda de pressão nessa zona, aumentando a pressão. Isto normalmente acontece quando as válvulas são fechadas durante uma reparação de rotina, pelo que, é essencial que os operadores tenham o conhecimento técnico necessário, para evitar estas situações;
- **Picos de pressão e de caudais** – Sob certas circunstâncias, picos de pressão e de caudais podem causar comportamentos imprevisíveis nas VRP, os quais podem provocar, em algumas válvulas, a deslocação excedentária do pistão, podendo ficar bloqueado na posição completamente fechada ou aberta. Por forma a minimizar esse risco, é necessário que as operações realizadas nas válvulas ou nas bombas, sejam efectuadas correctamente;
- **Custos** – A instalação de VRP implicam custos, bem como a sua operação e manutenção;
- **Dificuldades na detecção de fugas** – Baixas pressões significam uma maior dificuldade em detectar fugas, uma vez que, o ruído produzido pela água é menor. É necessário um reforço na detecção de fugas, antes da redução de pressões ser implementada, por forma a detectar fugas que se podem tornar imperceptíveis após essa redução, salvaguardando custos adicionais;
- **Perdas de facturação** - Em geral o balanço entre a redução do caudal de perdas e a redução no consumo, apresenta-se como positivo, quer em sistemas com perdas reais elevadas, quer noutros com perdas reais mais reduzidas.

Actualmente, muitas EG estão adoptar programas piloto de gestão activa de pressões, sendo que muitos dos resultados obtidos estão a ser mundialmente publicados, verificando-se uma tendência para a diminuição do índice de fugas e roturas nas redes de distribuição, e um melhor controlo do consumo de água (TABESH et al., 2001; THORNTON et al., 2004; ALEGRE et al., 2005; WU et al., 2006; FARLEY, 2008; BUTLER, 2009; FANTOZZI et al, 2009; MUTIKANGA, 2012).

2.9.1 Tipos de gestão de pressões

Diferentes sistemas de distribuição podem ter diferentes requisitos e exigências, referentes à complexidade dos programas de gestão de pressões. Assim, existem diferentes formas de gestão de pressões, que se podem adaptar, consoante as características dos sistemas.

2.9.1.1 Sectorização

A **sectorização** é uma das formas mais básicas e eficazes de gestão de pressões (Figura 2.55). De acordo com FANTOZZI et al. (2009), este tipo de gestão de pressões, que consiste na divisão da rede em subsectores – ZMC - através da utilização de válvulas, tem vindo a aumentar. Normalmente, as ZMC podem ser alimentadas por diversas origens, o que previne a ocorrência de problemas hidráulicos, devido ao fecho de válvulas. Sistemas em que a água é fornecida por gravidade, são, segundo THORNTON et al. (2004), sectorizados ao nível do solo, ao contrário dos sistemas em que a água é fornecida por bombagem, em que a sectorização depende, por exemplo, do nível do reservatório. ALEGRE et al. (2005) afirmam também que “a sectorização deve ser concebida considerando não só a garantia da pressão mínima, mas também a pressão máxima e a manutenção de um nível de pressões estável”.

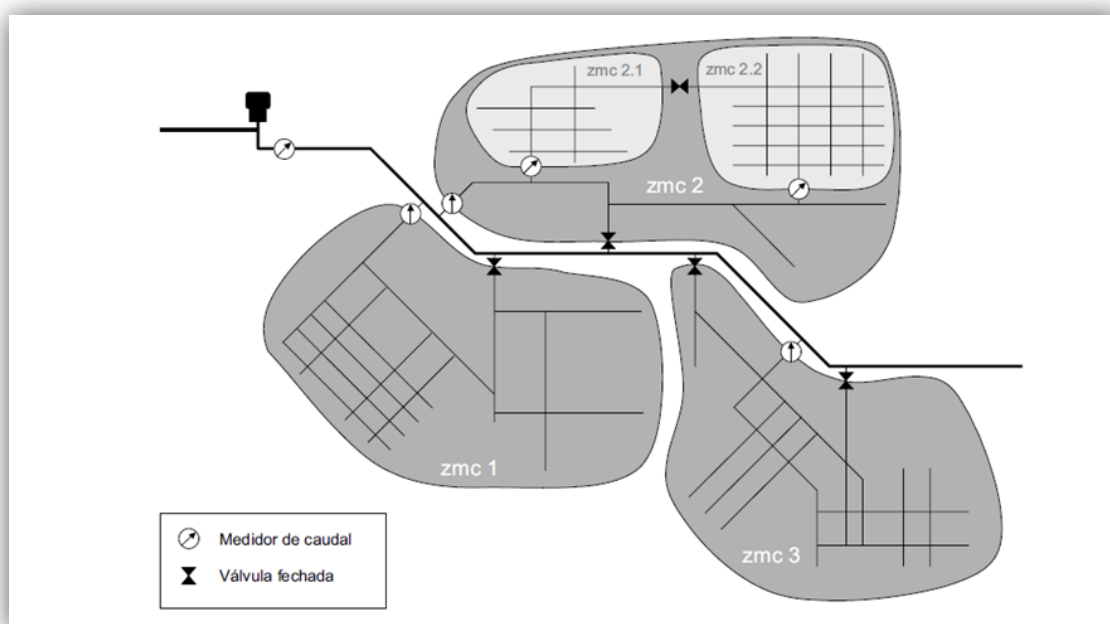


Figura 2.55 - Sectorização de um sistema de distribuição de água em ZMC (ALEGRE et al., 2005)

No entanto, a gestão de pressões através da sectorização pode ser dificultada devido à aplicação da válvula de fronteira, e da sua gestão. No entanto, aparelhos de telemetria podem ser bastante úteis na transmissão de dados referentes à válvula, sempre que esta esteja em funcionamento, e quando é sujeita a operações de manutenção ou a situações de emergência, permitindo assim que a gestão da mesma seja mais vantajosa.

FARLEY (2001) apresenta uma metodologia para a sectorização de um sistema de distribuição, em zonas de gestão de pressão (PMA - Pressure Management Areas). Ao contrário de ALEGRE et al. (2005), que afirmam que estas PMA devem estar associadas às ZMC, FARLEY define uma metodologia para a implementação de PMA, conforme mostra a Figura 2.56, independente das ZMC. Os detalhes desta metodologia podem ser consultados no trabalho publicado pelo mesmo autor, que se encontra nas referências bibliográficas.

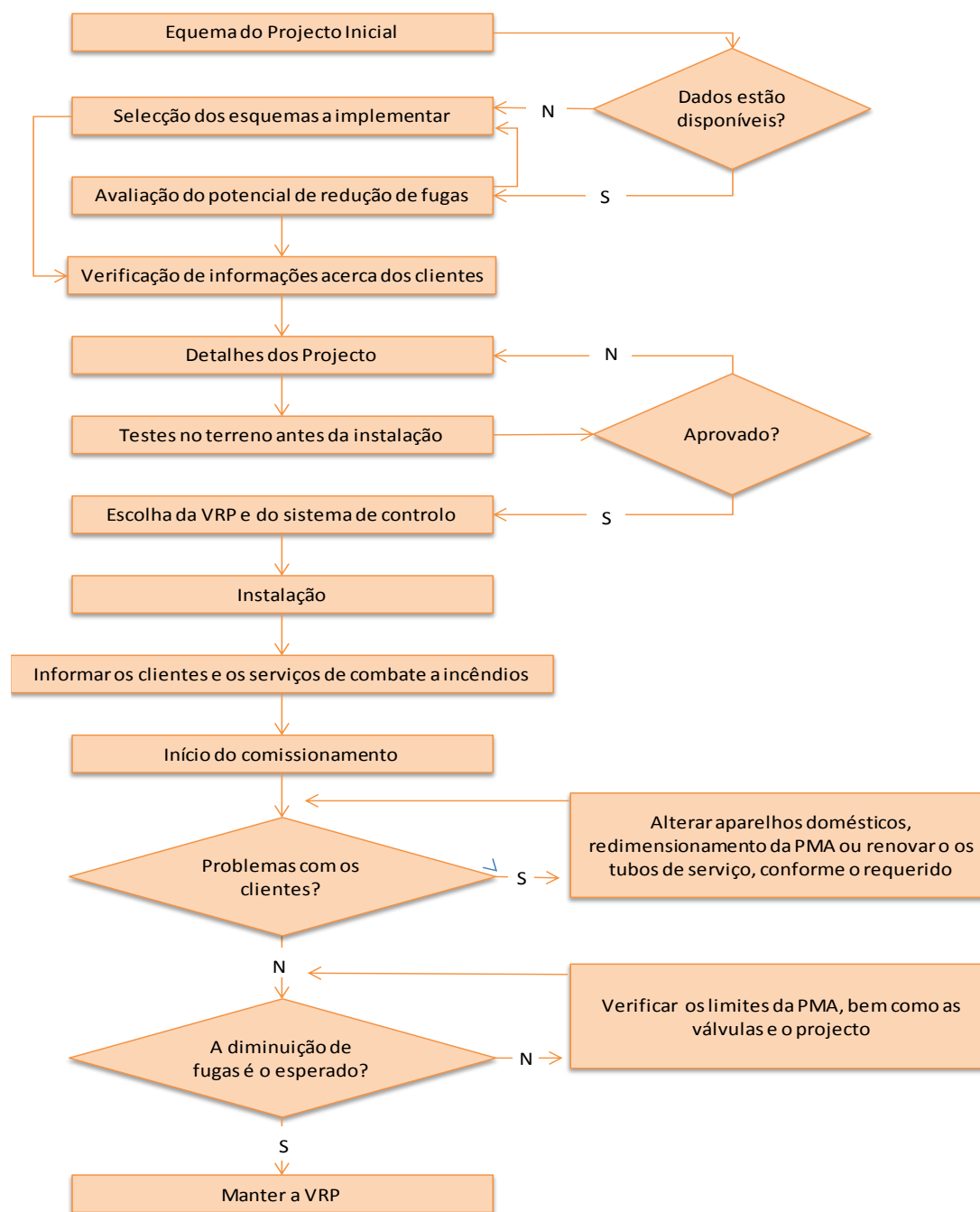


Figura 2.56 - Metodologia para a concepção e implementação de uma PMA. Adaptado de FARLEY (2001)

Embora a forma mais simples de sectorização não exija a implementação de válvulas de controlo automático (VCA) e outros controladores, é importante que estes sejam implementados, com o objectivo de aumentar a eficiência da gestão de pressões. Isso origina um acréscimo de custos de investimento e manutenção, porém, os benefícios também podem ser majorados. THORNTON et al. (2004), afirmam que muitos sistemas, com a sectorização implementada há muitos anos, verificaram que existe uma boa relação custo-benefício na

implementação de controladores mais avançados, para além dos controladores básicos existentes.

2.9.1.2 Controlo da pressão através de bombas sobrepessoras

Muitas EG usam bombas como método de controlo da pressão no sistema de distribuição. Estas são activadas ou desactivadas consoante o consumo. Este método é eficaz se a redução do nível de bombagem (normalmente no período nocturno) não afectar os níveis dos reservatórios. A eficiência do uso de energia deve ser cuidadosamente revista, e a operação das bombas, fora do perfil normal de funcionamento, pode levar à ineficiência das mesmas, causando um grande aumento no consumo de electricidade, principalmente nos picos de consumo, em que é necessário aumentar a pressão. Esta ineficiência pode ter origem devido à existência de válvulas de estrangulamento a montante das bombas, e devido a valores de consumo fora dos limites para a qual as bombas foram dimensionadas. A solução pode passar por um maior controlo das bombas, especialmente com unidades de velocidade variável, promovendo assim um sistema eficaz de controlo da pressão (THORNTON et al., 2004). ALEGRE et al. (2005), também faz uma referência à utilização de bombas para controlo da pressão, afirmando que estas *“devem ser utilizadas em zonas da rede de distribuição em que se verifiquem pressões deficientes, principalmente nos picos de consumo”*, permitindo *“elevar a pressão localmente sem aumentar noutros sectores da rede”*.

2.9.1.3 Válvulas de Controlo Automático (VCA)

As VCA mais utilizadas pelas EG são as VRP. Estas são frequentemente utilizadas para controlar a pressão a jusante da sua instalação, e podem ter actuação mecânica, eléctrica ou hidráulica. Segundo RAMOS et al. (2004), as VRP mais comuns são do tipo válvulas de mola, de pistão e de diafragma, conforme ilustradas na Figura 2.57.

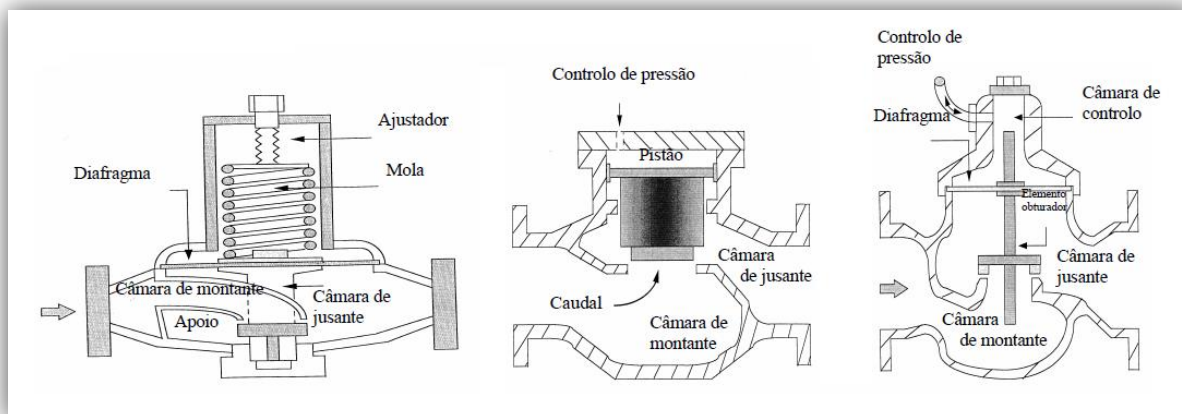


Figura 2.57 - Diferentes tipos de válvulas redutoras de pressão (VRP). Da esquerda para a direita: VRP controlada por mola, VRP controlada por pistão e VRP controlada por diafragma (RAMOS et. al., 2004)

RAMOS et al. (2004), explicam que o princípio de funcionamento de uma VRP “consiste em accionar o dispositivo de obturação sempre que a pressão a jusante for demasiado elevada, por forma a aumentar a perda de carga localizada no sistema, reduzindo o valor da pressão a jusante até ao valor pretendido (valor designado por carga de definição da válvula redutora de pressão, H_{VRP})”, mas se “a pressão a jusante descer abaixo de um determinado valor, a válvula abre, diminui a perda de carga, aumentando a linha de energia e a pressão a jusante atinge o valor pretendido”. Os mesmos autores distinguem ainda três princípios de funcionamento de VRP:

1. A válvula provoca uma perda de carga localizada no sistema, reduzindo o valor da pressão a jusante, e que designa-se por *estado activo* da válvula (Figura 2.58 (i)).
2. Se a pressão a montante for insuficiente e inferior à carga de definição da VRP, a válvula abre totalmente, mantendo a montante e a jusante a mesma pressão menos a perda de carga localizada, intrínseca à válvula aberta (Figura 2.58 (ii));
3. Sempre que, por qualquer razão, a pressão a jusante for superior à pressão a montante, a válvula fecha totalmente funcionando como uma válvula de retenção que impede a inversão do escoamento, caracterizando assim o *estado passivo* da válvula fechada (Figura 2.58 (iii)).

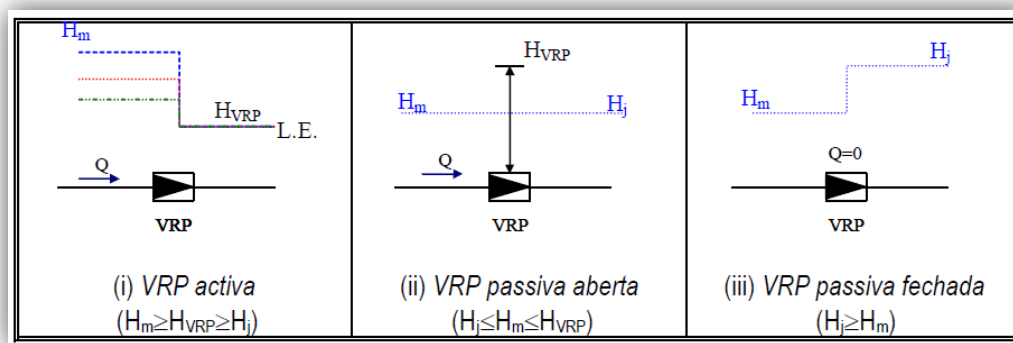


Figura 2.58 - Modo genérico de funcionamento de uma válvula redutora de pressão do tipo convencional (RAMOS et al., 2004)

ALEGRE et al. (2005), dividem as VRP em quatro tipos diferentes:

1. **Pressão de saída fixa (sem controlador)** - utilizada quando se pretende obter um valor de pressão fixo à entrada de uma zona. Aplica-se em zonas onde se verificam pequenas variações no consumo e perdas de carga relativamente pequenas (< 10 m.c.a.);
2. **Pressão de saída modulada por tempo** – apropriada para casos em que o sistema apresenta perdas de carga significativas (> 10 m.c.a.), e em que o perfil de consumo é regular, sendo que a pressão à saída da válvula, consiste num padrão com patamares de pressão variáveis no tempo. As VRP moduladas por tempo permitem uma gestão simples e um avançado controlo de pressão, e constituem a solução mais barata, tendo ainda a particularidade de se adaptarem a situações de pressão nocturna excessiva;
3. **Pressão de saída modulada pelo caudal** – apropriada para casos em que o sistema apresenta perdas de carga significativas, e em que as mudanças no perfil de consumo podem ser causadas por variações no tipo de uso ou na população (e.g. sazonalidade). Estes tipos de VRP necessitam de estar associadas a medidores de caudal, obtendo-se uma maior flexibilidade no controlo, mas com custos superiores. A pressão é estabelecida de acordo com o consumo, minimizando-se a pressão excessiva a jusante.
4. **Pressão à saída modulada pela pressão no ponto crítico** – Este tipo de VRP podem ser controladas, por exemplo, via telefone ou rádio, tornando possível a manutenção de pressões pré-determinadas num ponto crítico. Por ponto crítico, entende-se a zona do sistema onde será mais difícil garantir a pressão mínima de funcionamento durante as horas de maior consumo (hospitais, escolas, indústrias, marcos de incêndio, ponto mais afastado e/ou mais alto da rede, entre outros). Pode existir mais do que um ponto

crítico no sistema, no entanto, para um dado instante, apenas um é considerado o mais desfavorável. Assim, é possível manter a pressão no ponto crítico pré-determinado.

A selecção de VRP a instalar num sistema, deve ser efectuada, de acordo com os seguintes critérios (FARLEY, 2001):

- Custo;
- Capacidade para implementação de telemetria;
- Capacidade para instalação de sistemas de controlo automático;
- Facilidade de manutenção;
- Fiabilidade;
- Disponibilidade;
- Gama de funcionamento (caudais e pressões);
- Estabilidade da pressão à saída;
- Velocidade de reacção a mudanças de caudal.

2.9.2 Efeitos da pressão nas perdas reais

A gestão de pressões é essencial para o controlo activo de fugas. BUTLER (2009), reforça esta ideia, ao afirmar que a pressão é provavelmente a forma mais simples e imediata de redução de perdas num sistema de distribuição. Verifica-se ainda que, alguns dos consumos mais significativos, não estão dependentes da pressão, como sejam, os autoclismos e os sistemas termoacumuladores.

Estudos, como o de LAMBERT (2003), mostram uma relação entre a pressão e a frequência de novas roturas. O mesmo autor demonstra que a frequência de novas roturas é reduzida, após a redução e estabilização da pressão na rede. No entanto, nem todos os sistemas têm potencial para a implementação de programas de redução da pressão, uma vez que, existem sistemas com sintomas de falta de pressão. Mas, devido há existência de muitos sistemas com pressões superiores às necessárias, THORNTON et al. (2004), consideram que a redução de pressões é essencial para haver um equilíbrio entre a qualidade de serviço e o índice de roturas/fugas.

Na Figura 2.59 é visível que, um excesso de pressão em sistemas com fornecimento contínuo, resulta numa elevada frequência de roturas, que por consequência, origina elevados custos de reparação. Nos países mais desenvolvidos, onde os custos unitários de reparação são elevados, a diminuição da pressão apresenta vantagens económicas suficientes para que as EG tomem a decisão de implementar programas de gestão de pressões.

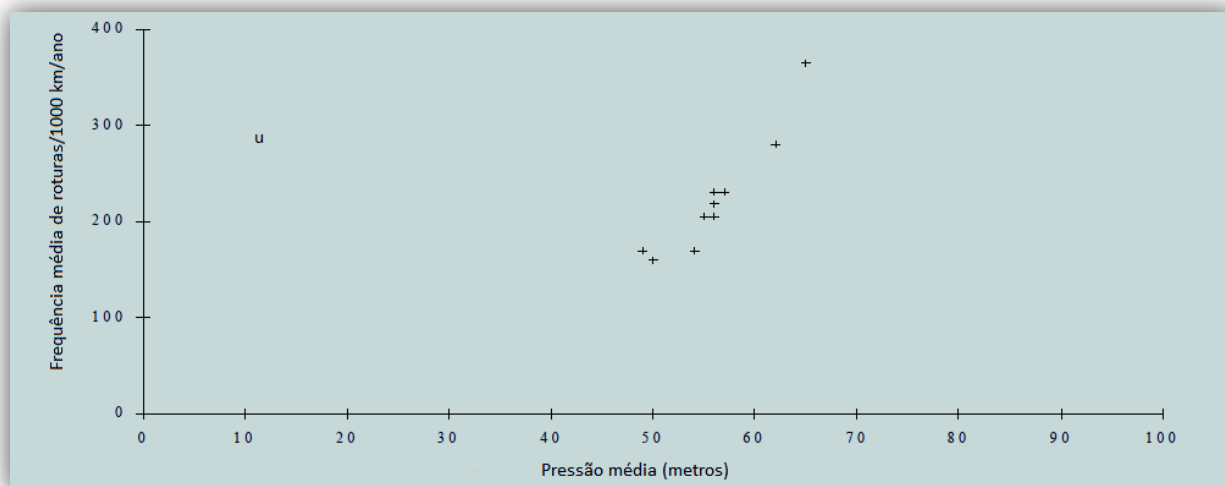


Figura 2.59 - Pressão média versus frequência média de roturas num sistema de abastecimento no País de Gales (LAMBERT, 2003)

LAMBERT (2003) apresenta dados de diferentes sistemas, que são ilustrativos do impacto da pressão excessiva sobre a frequência de roturas:

- **Austrália:** a redução em 40% da pressão num sector de uma cidade resultou na redução da frequência de novas roturas em 55%;
- **Auckland, Nova Zelândia:** a redução na pressão média de 71 m.c.a. para 54 m.c.a., num sistema de distribuição, resultou na redução da frequência de roturas para o valor mais baixo observado em 8 anos;
- **São Paulo, Brasil:** a aplicação da gestão da pressão em 8 sectores, com 140 km de condutas, resultou numa redução da frequência de roturas de 155 por mês para 95 por mês.

ALEGRE et al. (2005), citam o estudo de Yoshimoto et al. (1999), em que estes apresentam resultados da aplicação da gestão de pressões, num sector de abastecimento da cidade de São Paulo. Esses resultados estão condensados na Figura 2.60, onde são visíveis os efeitos benéficos da gestão de pressões no caudal, permitindo a salvaguarda de milhares de metros cúbicos de água, que se perdem através de fugas e roturas. Na Figura 2.61 é igualmente apresentado os efeitos positivos da gestão de pressões no nível de perdas reais, segundo a empresa i²O (i2ocom.com, 2013).

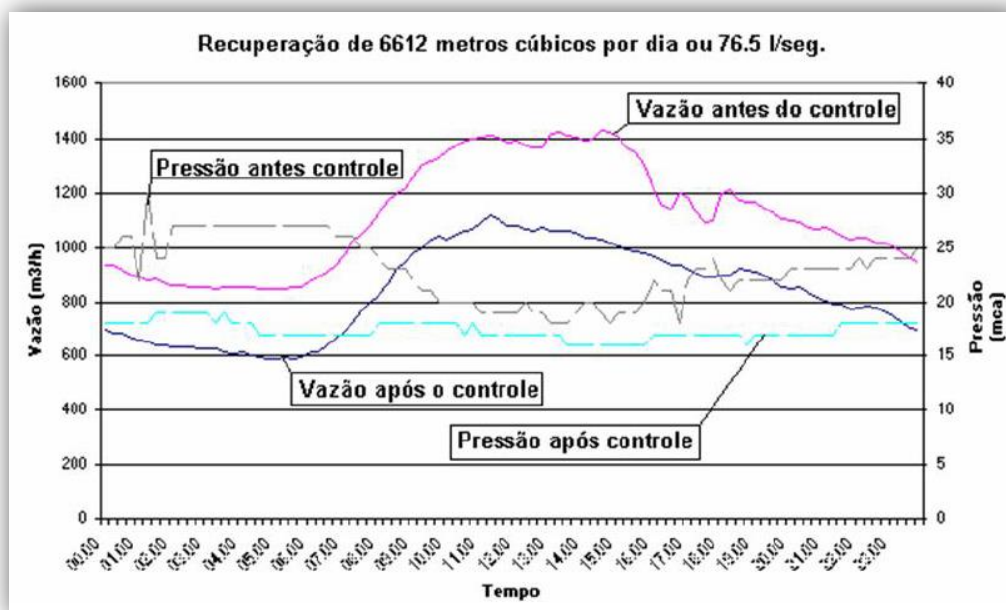


Figura 2.60 - Exemplo dos efeitos da redução da pressão no caudal (ALEGRE et al., 2005)

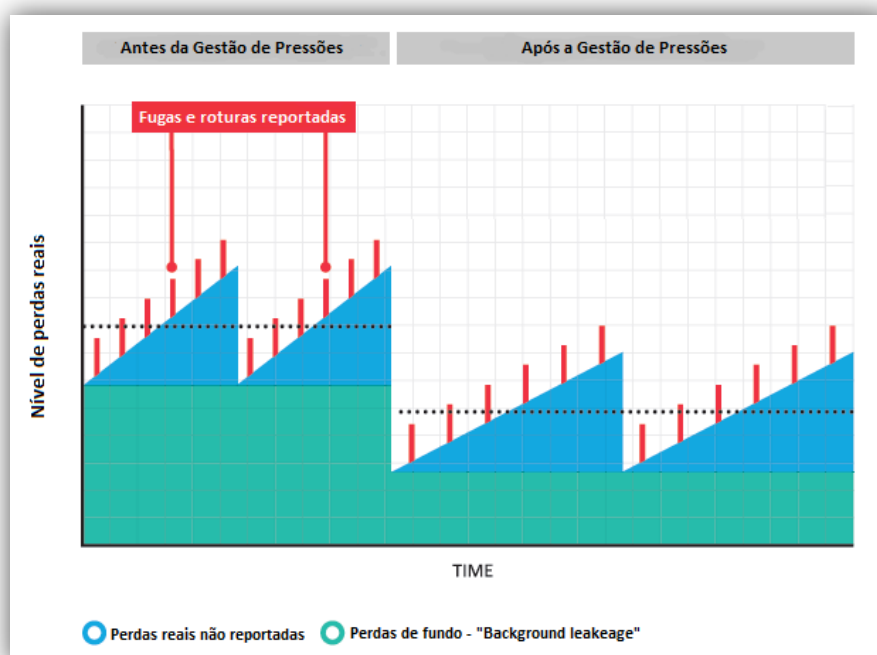


Figura 2.61 - Efeito da gestão de pressões no nível de perdas (i2ocom.com, 2013)

A equação que é geralmente utilizada para uma simples análise e previsão do efeito da pressão nas fugas, relaciona o caudal com o quociente entre a pressão inicial e a pressão final (FARLEY, 2001; LAMBERT, 2003; THORNTON et al., 2004):

$$Q_{\text{final}} = Q_{\text{inicial}} \cdot \left(\frac{P_{\text{inicial}}}{P_{\text{final}}} \right)^n$$

Onde,

Q_{final} – caudal de perdas após redução da pressão (m^3/s)

Q_{inicial} – caudal de perdas antes da redução da pressão (m^3/s)

P_{final} – pressão final após redução (m)

P_{inicial} – pressão inicial anterior à redução (m)

n – expoente (-)

O expoente “n” na equação acima descrita pode variar entre 0.50 e 2.50, dependendo do tipo de fugas. Estas relações foram apresentadas por LAMBERT (2003) e adaptadas por ALEGRE et al. (2005), como mostram a Figura 2.62 e a Tabela 2.6.

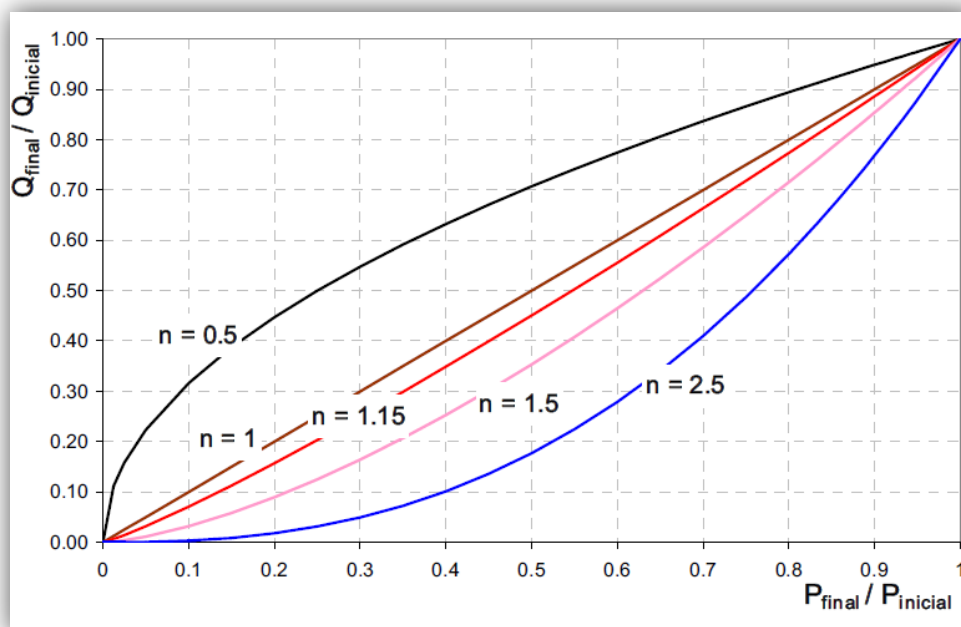


Figura 2.62 - Relação entre as variações de pressão e o caudal de perdas (ALEGRE et al., 2005)

Tabela 2.6- Valores recomendados para o expoente “n” (LAMBERT, 2003; ALEGRE et al., 2005)

Valor típico de “n”	Aplicação
n = 0.5	Fugas significativas, detectáveis, em condutas de materiais metálicos (fugas em orifícios de área fixa)
n = 1.0	Em caso de desconhecimento do material ou nível de perdas reais
n = 1.5	Pequenas fugas, indetectáveis, muito sensíveis à variação da pressão, independentemente do tipo de material
n ≥ 0.5	Fugas significativas, detectáveis, em condutas de materiais plásticos (fugas em orifícios de área variável)

Embora estes estudos comprovem a relação entre a pressão e as perdas reais, algumas EG e outros intervenientes na gestão de redes de distribuição de água, manifestam relutância acerca da magnitude dessa relação. Uma das razões apontadas por ALEGRE et al. (2005), é o facto de não existirem estatísticas disponíveis de medições de pressão nos pontos relevantes, não sendo possível estimar os efeitos da gestão de pressões sobre as perdas reais.

Embora os estudos referidos acima indiquem uma relação entre a pressão e as fugas com base num expoente “n”, BUTLER (2009) refere um trabalho realizado no Reino Unido no final da década de 1970, onde se verificou que os efeitos da pressão nas fugas, na prática, eram maiores do que se imaginava na teoria, tendo estas uma relação quase linear. O resultado deste trabalho mostra que, o benefício real obtido a partir de uma redução de pressão, pode ser consideravelmente maior do que o previsto.

BUTLER (2009) alerta que esta relação, obtida experimentalmente, produziu diversos resultados, concluindo que não há nenhuma relação pressão-fugas universal, pelo que cada sistema apresenta a sua própria relação. O argumento apresentado foi o de existirem dois tipos de orifícios por onde escoar a água perdida: os orifícios que mantêm a sua dimensão (e.g. em tubos de metal), e os que alteram com a pressão (e.g. em alguns tubos de plásticos, em juntas e acessórios).

Considerando os benefícios resultantes da gestão de pressões, há que ter em atenção que a pressão é, geralmente, maior à noite, pelo que a redução da pressão deverá ser maior nesse período para que ocorra uma real redução de fugas. Através do CmN, é possível verificar, numa primeira fase, a eficácia de um programa de gestão de pressões. Nas Figuras 2.63 e 2.64 são visíveis as relações entre a pressão e as fugas.

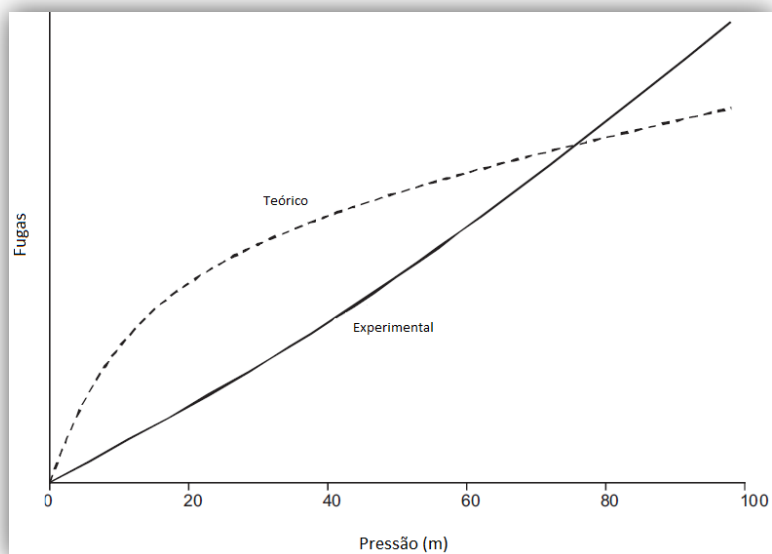


Figura 2.63 - Variação das fugas com a pressão, teoricamente e experimentalmente (BUTLER, 2009)

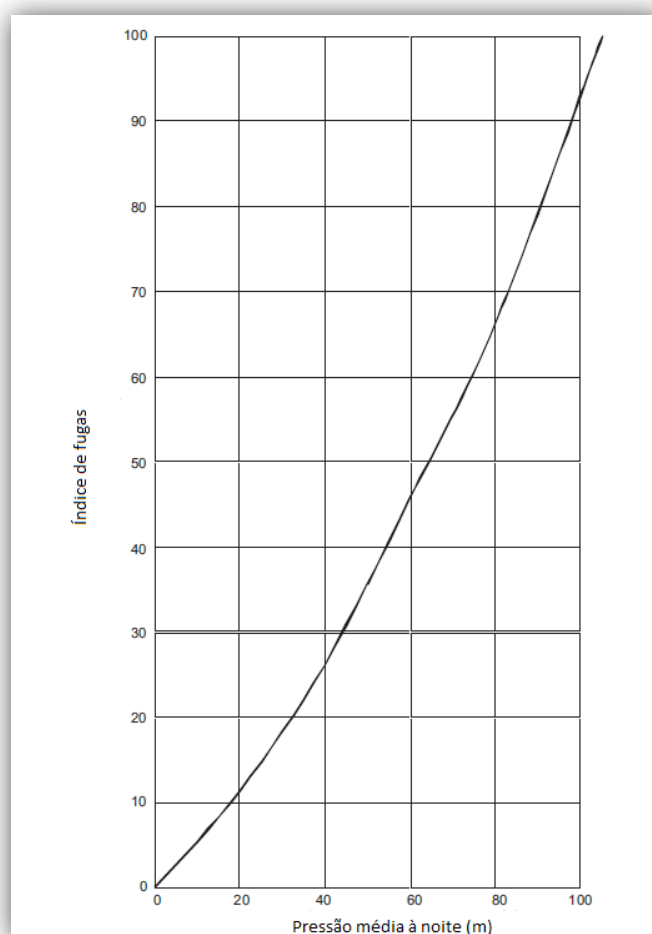


Figura 2.64 - Efeito da pressão no índice de fugas (BUTLER, 2009)

2.9.3 Efeitos da pressão no caudal e no consumo

Conforme referido anteriormente, as perdas reais são influenciadas pela pressão, sendo mais significativas à medida que a pressão na rede de distribuição aumenta, uma vez que o caudal perdido em fugas e o índice de roturas, aumentam com o aumento da pressão.

Para além da influência que um programa de redução de pressões tem nas perdas reais, este também pode influenciar o consumo de água. No entanto, é necessário fazer uma distinção entre os consumos que são influenciados pela pressão e os que não são influenciados.

Em situações em que o abastecimento domiciliário é directo (Figura 2.65), o consumo é afectado pela pressão, pelo que uma redução da pressão permite controlar, de forma mais eficaz, consumos excessivos (GALVÃO, 2007).

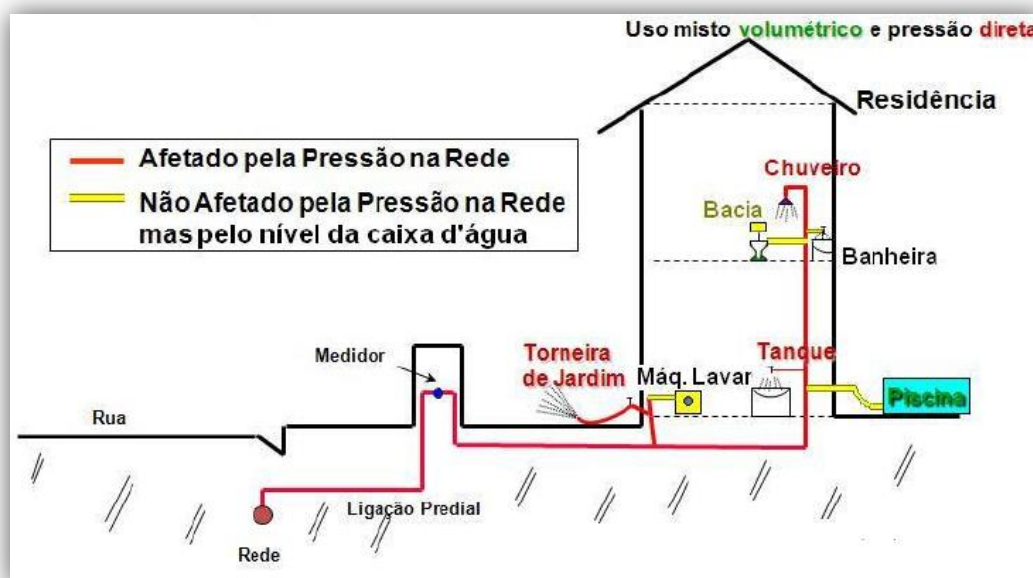


Figura 2.65 - Instalação hidráulica com abastecimento directo (THORNTON et al., 2004; GALVÃO, 2007)

O mesmo não acontece quando o abastecimento é indirecto. Nestes casos, existem pequenos tanques de água (ou reservatórios domiciliários), nos quais o enchimento é influenciado pela pressão, mas a jusante dos mesmos, a pressão depende apenas da cota e do nível de água nos tanques (Figura 2.66). Assim, não é possível regular os consumos a jusante desses tanques, através da redução de pressão na rede.

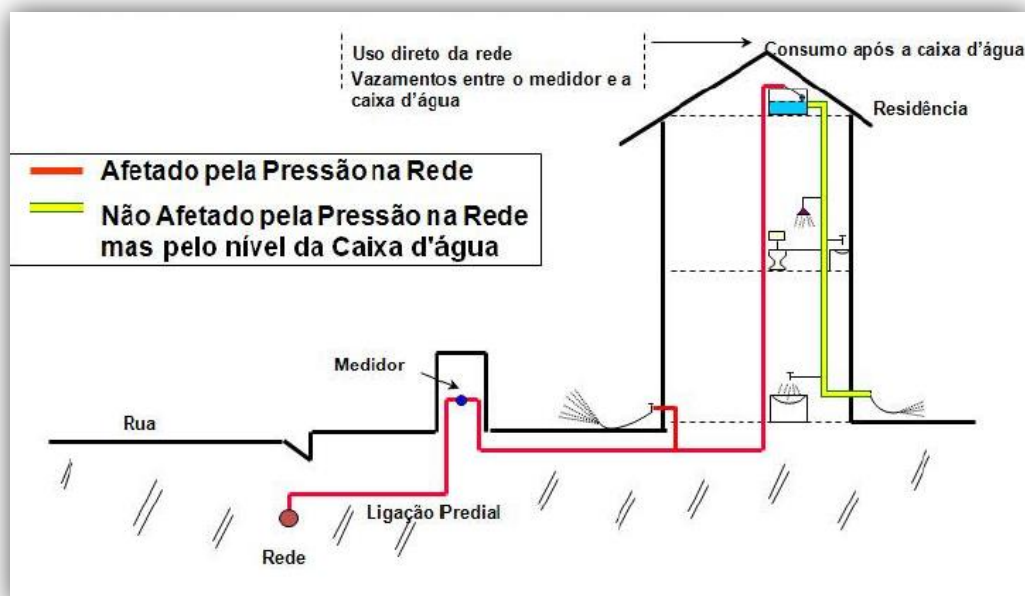


Figura 2.66 - Instalação hidráulica com abastecimento indirecto (THORNTON et al., 2004; GALVÃO, 2007)

THORNTON et al. (2004), explicam que muitas EG não reduzem a pressão, porque isso pode ter um impacto negativo sobre o consumo facturado. No entanto, outras EG chegaram à conclusão que, a relação custo-benefício da redução dos consumos - resultante de programas de redução de pressão -, é maior do que a implementação de programas de aumento dos consumos. As EG devem analisar criteriosamente os tipos de consumo dentro das residências dos clientes domésticos, e estabelecimentos comerciais, bem como os industriais, e verificar qual a magnitude e quais as potencialidades da redução de pressão nos consumos.

O aumento da pressão, com o objectivo de aumentar os consumos, pode estar limitado devido a restrições ambientais e sociais. Inversamente, a redução da pressão pode ser uma ferramenta eficaz em situações de seca, sendo o consumo limitado até à regularização da situação.

Em algumas situações, devido à pressão política e social, as EG são forçadas a fornecer água continuamente, mesmo aos consumidores que estão com o pagamento em falta. Nestas situações, a redução da pressão assume grande importância, ao possibilitar a manutenção de um nível mínimo de oferta, minimizando as perdas de água aparentes (GALVÃO, 2007).

Existem poucos estudos que confirmem a influência negativa da diminuição da pressão no consumo. GALVÃO (2007), realizou um estudo em que relacionava a influência da redução da pressão, através de VRP, no consumo médio dos clientes. O autor conclui que, apesar de ter

ocorrido uma redução no consumo, esta não pode ser atribuída, exclusivamente, à redução da pressão.

Existem outros factores que normalmente interferem na variação do consumo, tais como (MAGALHÃES et al., 2001):

- **Clima** – Climas secos e quentes provocam um aumento no consumo. Climas mais frios e húmidos têm o efeito inverso;
- **Hábitos e nível de vida da população** – Geralmente, quanto maior o nível de vida maior o consumo de água. Os hábitos de consumo têm uma influência no consumo, principalmente, hábitos higiénicos;
- **Sazonalidade** – Períodos de férias são caracterizados por um aumento no consumo;
- **Preço da água** – Quanto maior o preço da água, maior será a disponibilidade da população para a poupança no seu consumo;
- **Localização geográfica das habitações** – Zonas costeiras e zonas mais interiores têm diferentes perfis de consumo;
- **Dimensão das cidades** – Quanto maior a cidade, maior será o consumo;
- **Características dos clientes** – Clientes domésticos, comerciais e industriais têm diferentes perfis de consumo;
- **Perdas de água** – Implicam uma maior necessidade de produção de água por parte da EG e influenciam o consumo se estas perdas forem a jusante do contador;
- **Consumos esporádicos** – Feriados e fins-de-semana induzem a um maior consumo.

O consumo de água, num sistema de distribuição, apresenta variações diárias, semanais e anuais, devido aos factores acima referidos, caracterizando-se por ser uma série temporal, periódica e não estacionária, o que dificulta a percepção da influência da pressão no consumo (FALKENBERG, 2005).

3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Esta dissertação pressupõe a realização de um método experimental, que consiste num processo de alteração de pressões na rede. Pressupõe-se que, a alteração da pressão de serviço na rede, influencia o nível de perdas de água, os consumos e receitas, bem como a qualidade do serviço prestado.

Neste capítulo será descrita a metodologia adoptada para a concretização dos objectivos propostos. A metodologia adoptada foi modificada ao longo do trabalho devido a algumas condicionantes, que serão expostas no final desta dissertação.

Assim, dividiu-se o método experimental nas seguintes etapas:

1. Análise e selecção das áreas de estudo - ZMC -;
2. Análise e selecção dos clientes a monitorizar;
3. Instalação dos Cybles;
4. Programação dos Cybles e das rotas;
5. Alteração das pressões;
6. Monitorização dos consumos, reclamações e fugas.

3.1 Análise e selecção das áreas de estudo

A INDAQUA Feira tem a sua rede de distribuição dividida em 59 ZMC, de pequenas e médias dimensões. A selecção das ZMC foi realizada através da análise de alguns factores, sendo eles:

- A existência de VRP;
- A existência de VRP em série ou em paralelo;
- A precisão das VRP;
- A existência de rede pressurizada, através de bombas sobrepessoras;
- A pressão de serviço actual e a pressão nos pontos críticos;
- As características demográficas e urbanísticas;
- As características dos clientes (domésticos, comerciais e industriais);
- A extensão da rede e as suas características;
- O índice de fugas.

Inicialmente, esperava-se encontrar quatro ZMC com VRP e quatro ZMC com bombas sobrepessoras, com características que permitissem atingir os objectivos propostos. No entanto, apenas uma ZMC com uma VRP a montante, apresentou essas características, mais

concretamente, a não existência de VRP em série ou paralelo na ZMC, a precisão das mesmas e a pressão nos pontos críticos.

Assim, foram seleccionadas quatro ZMC com bombas sobrepressoras, e uma ZMC com uma VRP a montante:

- **ZMC com bombas sobrepressoras:**
 - 03430 Canedo Pressurizada
 - 48220 Vila Nova Pressurizada
 - 05120 Albergaria Pressurizada
 - 05420 Arrifana Pressurizada
- **ZMC com VRP a montante**
 - 04811 Ferreira de Castro

Algumas das características das ZMC seleccionadas, estão apresentadas nas Tabelas 3.1 e 3.2, sendo que as restantes características poderão ser consultadas nos Anexos 3 e 4.

Tabela 3.1- Características das ZMC com bombas sobrepressoas a montante

ZMC		Cota mínima (m)	Cota máxima (m)	Cota reservatório (m)	Pressão à saída do reservatório (bar)	Pressão no ponto mais baixo (bar)	Pressão no ponto mais elevado (bar)
N.º	Designação						
51	FRAR05420	243,0	287,9	284,0	3,3	7,4	2,9
44	FRAR05120	271,8	311,1	310,0	3,6	7,4	3,5
11	FRAR03430	212,3	244,5	235,8	3,8	6,2	2,9
36	FRAR48220	186,7	233,8	213,0	4,5	7,1	2,4

Tabela 3.2 - Características da ZMC com VRP a montante

ZMC		Cota mínima (m)	Cota máxima (m)	Cota VRP (m)	Pressão à saída da VRP (bar)	Pressão no ponto mais baixo (bar)	Pressão no ponto mais elevado (bar)
N.º	Designação						
30	FRAR04811	113,2	146,4	139,7	2,5	5,2	1,8

3.2 Análise e selecção dos clientes a monitorizar

Após a selecção das ZMC, analisou-se as características dos clientes, nomeadamente:

- O tipo de clientes, doméstico, comercial, industrial, entre outros;
- O perfil de consumos dos últimos meses (consumos reais).

A análise do perfil de consumos dos últimos meses teve como objectivo a selecção dos clientes com menor variação no consumo, por forma a ser possível concluir que a variação do consumo (após a alteração da pressão), não é devida a outros factores já mencionados no capítulo 2.9.3.

3.3 Instalação dos Cybles

Após a selecção dos clientes a monitorizar e analisado os contadores dos mesmos (marca, idade e calibre), foram instalados os respectivos Cybles. O processo de instalação dos Cybles já foi descrito no capítulo 2.8.1. No Anexo 1 é possível verificar os locais de instalação dos Cybles, e no Anexo 2, os números de série associados a estes.

3.4 Programação dos Cybles e das rotas

➤ Programação dos Cybles

Após a instalação dos Cybles, estes foram programados para as funções específicas deste trabalho. Segue-se uma breve explicação deste processo de programação:

1. Ligar o Psion e configurar a data, hora e fuso horário:



Figura 3.1- Ligação do Psion

2. Selecção, no Menu, do programa RFCT – é neste programa que os Cybles são configurados:

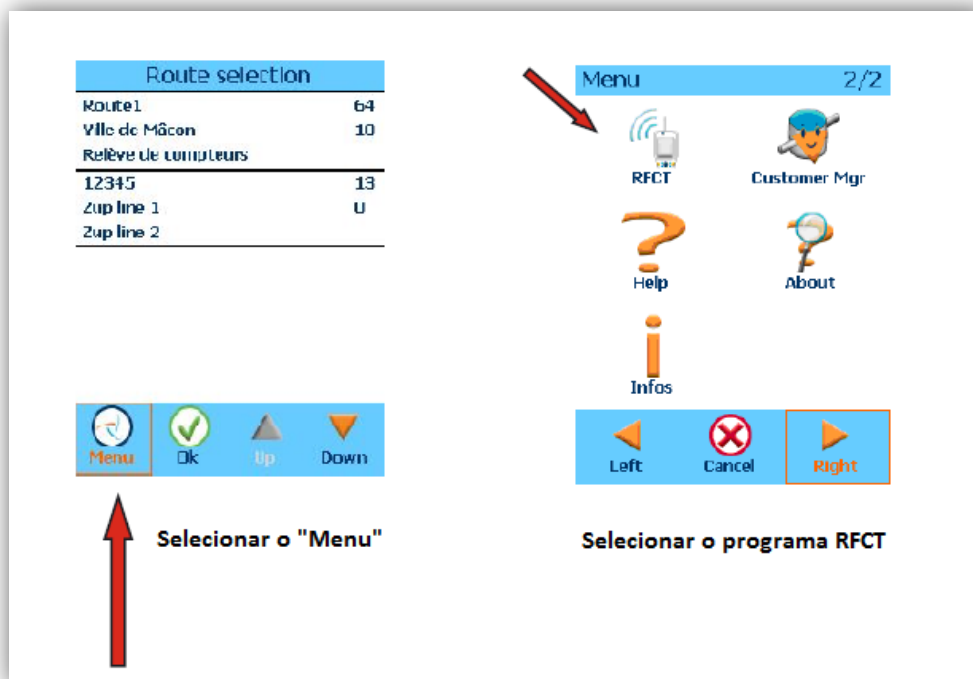


Figura 3.2 - Menu do Psion

- Introdução do número de série do Cyble e escolha do tipo de módulo – após estas acções, faz-se o Read, ou seja, a leitura do Cyble:

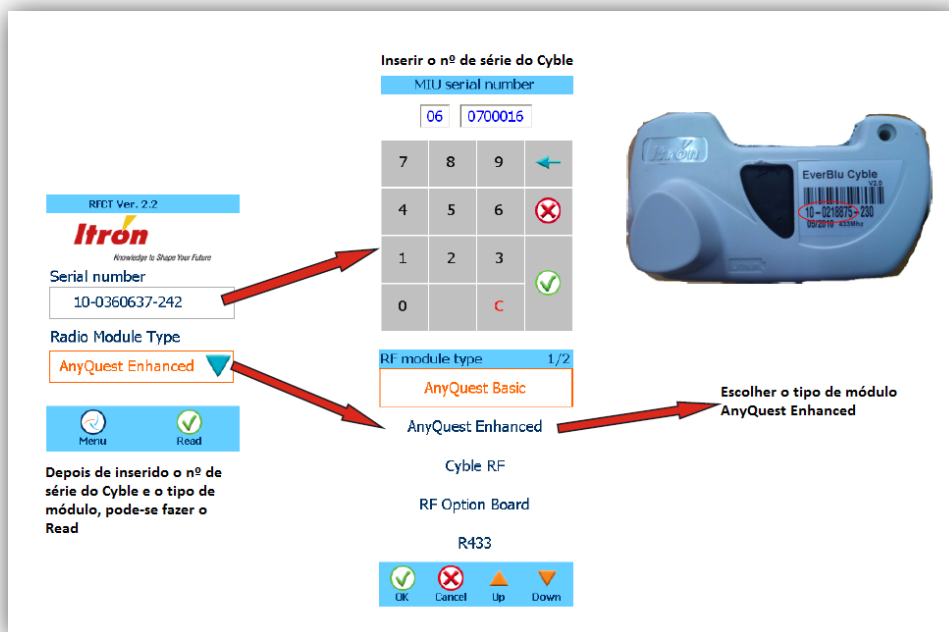


Figura 3.3 - Introdução do número de série e tipo de módulo do Cyble

- Introdução do número de série e do índice do contador:

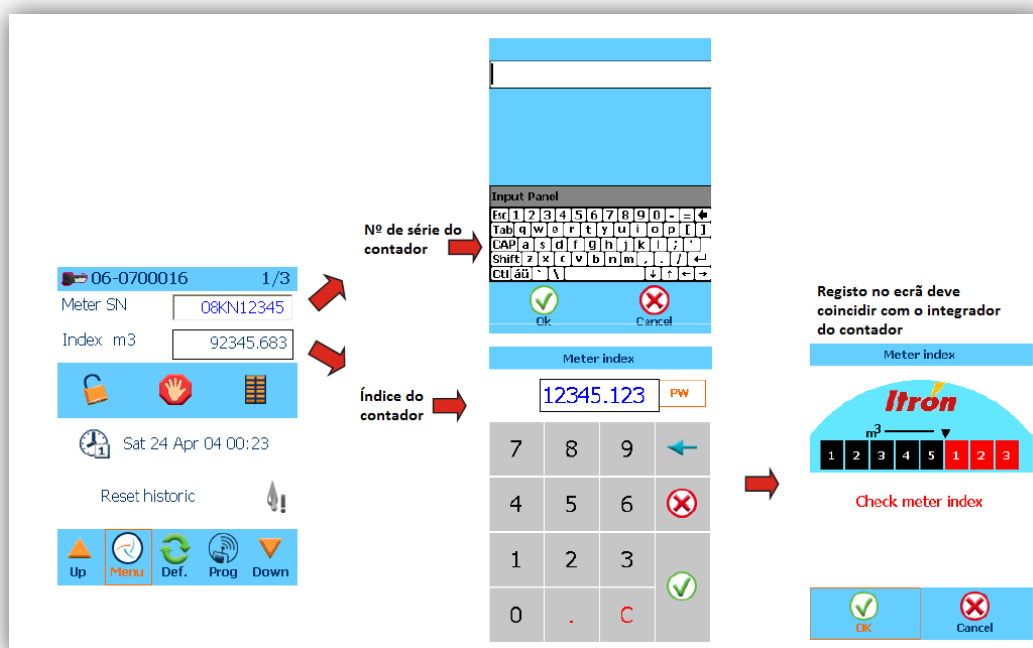


Figura 3.4 - Introdução do número de série e índice do contador

- Configuração dos alarmes - este processo consiste na verificação e reparação dos alarmes emitidos pelos Cybles:

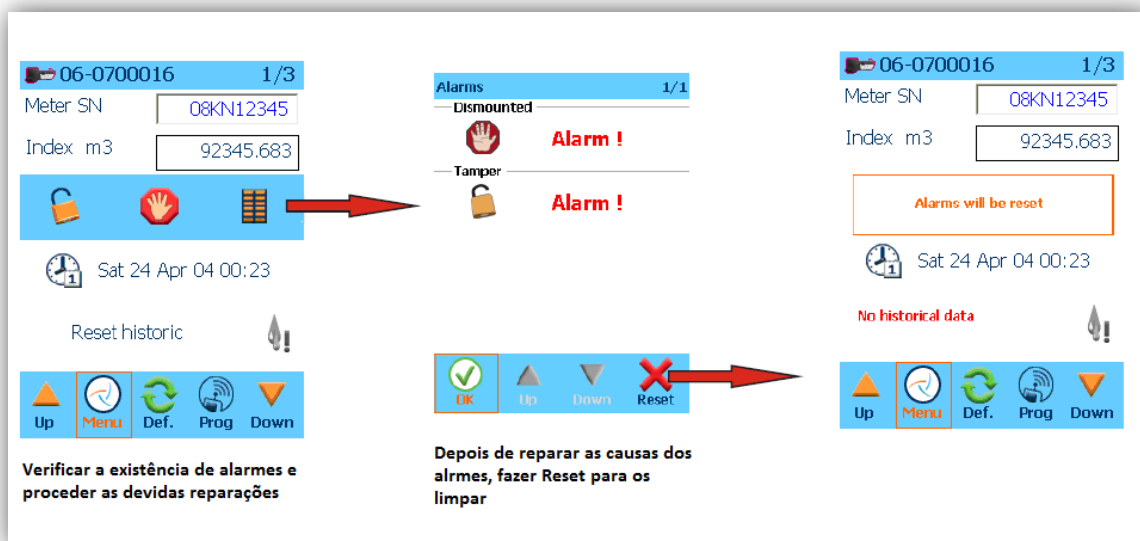


Figura 3.5 - Configuração dos alarmes

- Configuração do valor limite de fuga e do horário de emissão de dados do Cyble – considerou-se um limite de fuga de 30 l/h e um horário de emissão de dados de 24 horas por dia e 7 dias por semana:

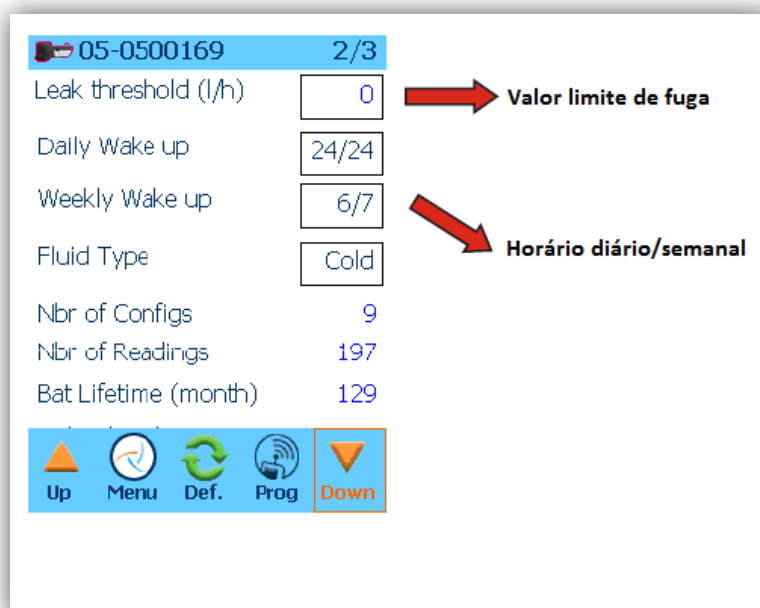


Figura 3.6 - Configuração do valor limite de fuga e horário de emissão de dados

7. Configuração do número de registos, a periodicidade dos registos, a data de início dos registos, o volume máximo em cada registo, o divisor de resolução e o tipo de caudal a registar:

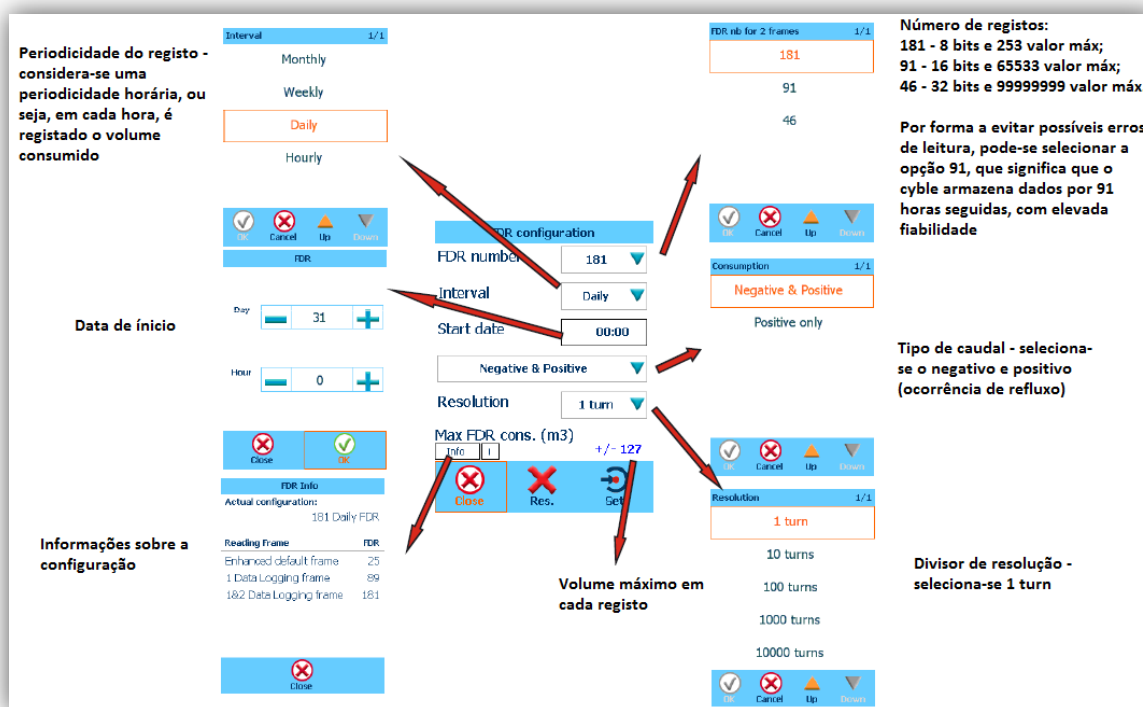


Figura 3.7 - Outras configurações

8. Após a realização das configurações necessárias, o Cyble está pronto a ser programado pelo Psion:

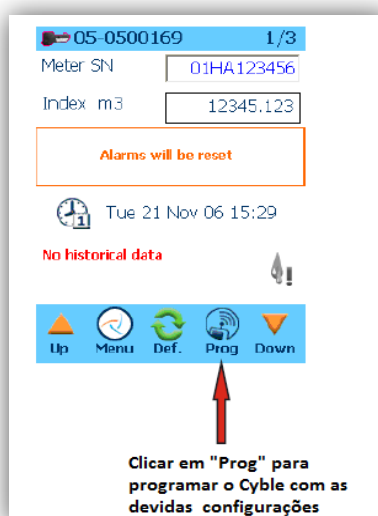


Figura 3.8 - Finalização da programação

➤ Programação das Rotas

A programação das rotas realizou-se no *software* EverBlu 2.3.0.0, desenvolvido pela Itron. Através deste, foi possível criar cinco diferentes rotas (cada uma associada à respectiva ZMC) com a indicação do nome do cliente, da morada e do número do contador associado. Segue-se a explicação de como se procedeu a programação das rotas.

1. Criação da Rota. Atribuição do nome da rota principal e das subrotas:

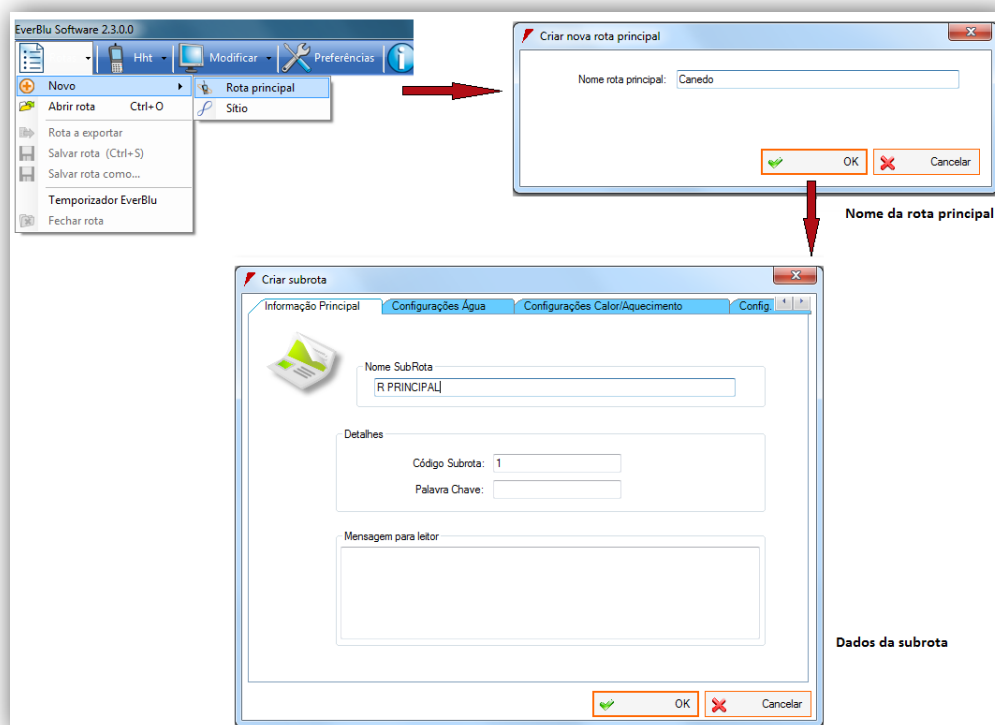


Figura 3.9 - Criação da rota

2. Criação do cliente, incluindo o nome e morada:

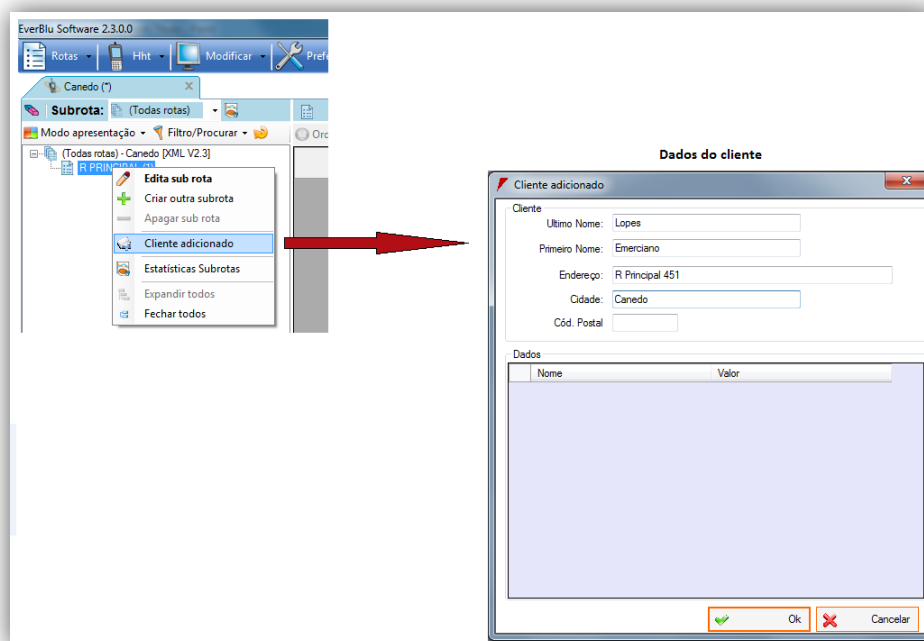


Figura 3.10 - Criação do cliente

3. Criação do contador:

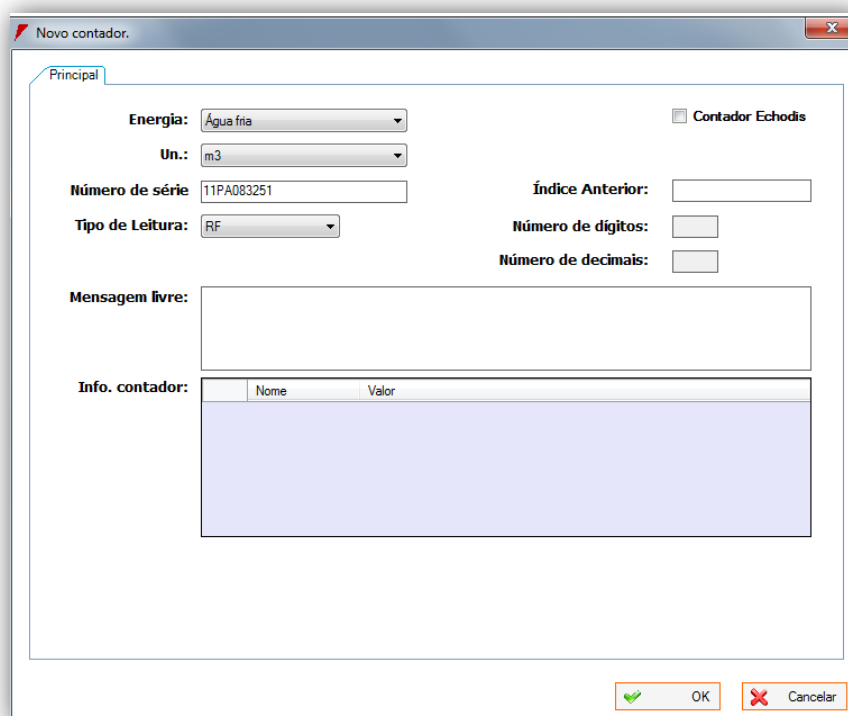


Figura 3.11 - Criação do contador

4. Criação do Cyble:

Tipo de Cyble → Tipo: AQ / EB Cyble Enhanced

Grupo de Leitura - Cybles com o mesmo grupo são lidos simultaneamente. → Grupo de Leitura: 0

Zero - Nenhum Cyble será lido simultaneamente com outros

1º Quadro de Leitura - Este só é lido em "polling mode" → Primeiro quadro a ler: Default Enhanced

2º Quadro de Leitura - É lido em conjunto com o primeiro quando é utilizado uma leitura simples → Segundo quadro a ler: All FDR (7&8)

2º Quadro de Leitura - É lido em conjunto com o primeiro quando utilizado uma leitura simples

Aviso!
Esta configuração irá resultar em 3 leituras ou mais. Isto pode ter um impacto negativo no tempo de vida do MiU.

Ok Cancelar

Figura 3.12 - Criação do Cyble

5. Aspecto final após criação da rota:

Canedo (*)

Subrota: (Todas rotas)

(Todas rotas) - Canedo [XML V2.3]

Modo apresentação Filtro/Procurar

Ordem por defeito Guardar ordem actual dos contadores

	[1] Último nome	[2] Primeiro Nome	[3] Tipo MIU	[4] MIU NS	[5] Data MIU
★ 1 - 1	Lopes	Emerciano	AQ / EB Cyble E...	120277331	

Figura 3.13 - Aspecto final da rota

6. Transferência da rota do EverBlu para o Psion:

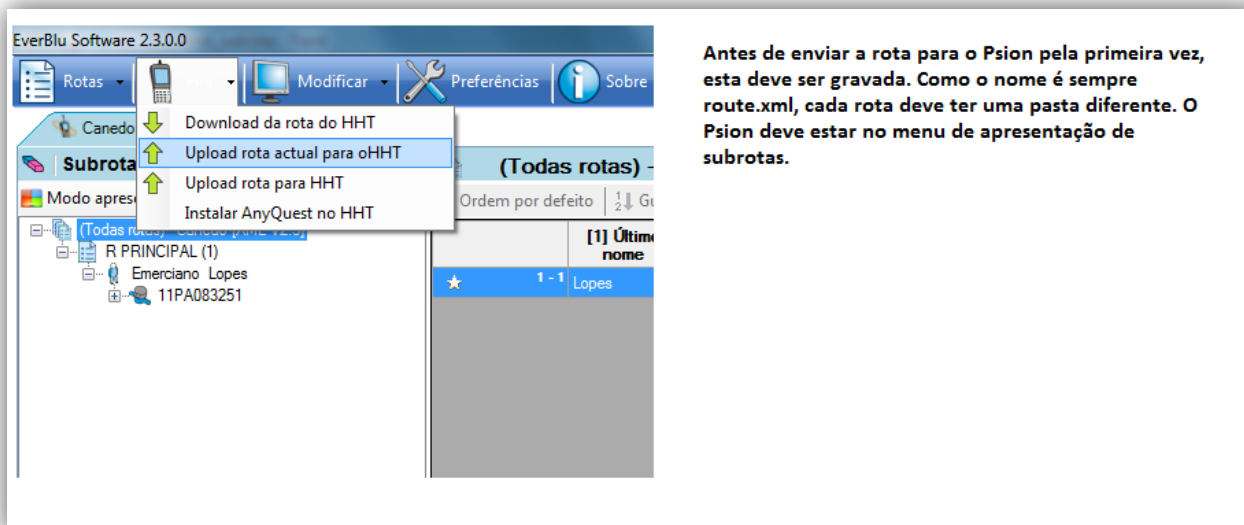


Figura 3.14 - Transferência da rota do Everblu para o Psion

7. Transferência da rota do Psion para o EverBlu:

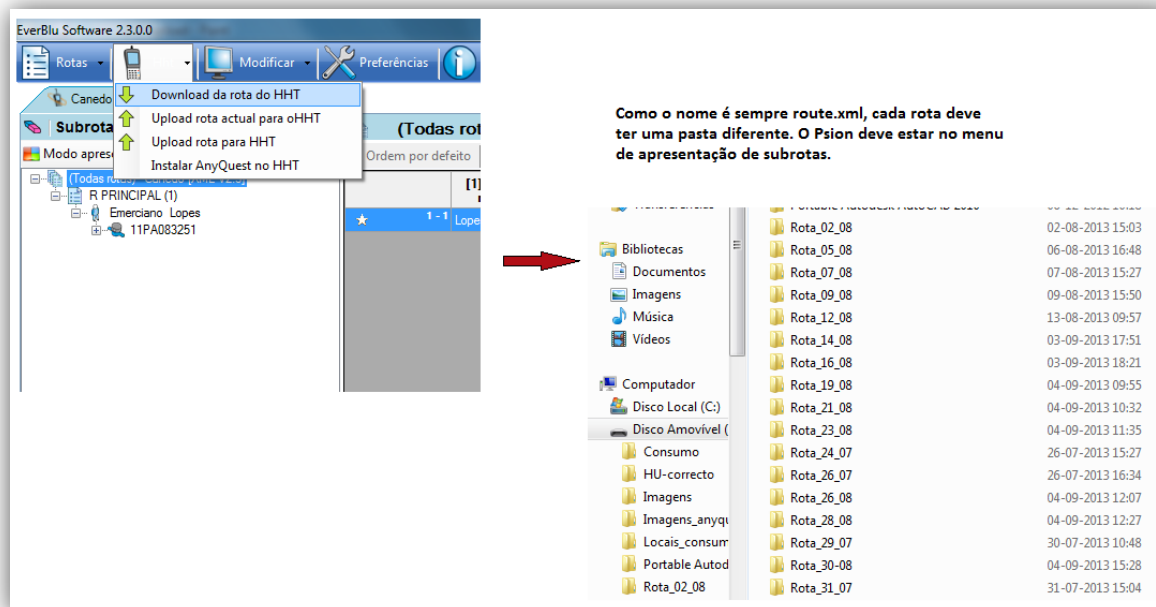


Figura 3.15 - Transferência da rota do Psion para o EverBlu

3.5 Alteração das Pressões

Após a instalação e programação dos Cybles e das rotas, procedeu-se à leitura dos consumos, sem alteração da pressão, por alguns dias, com o objectivo comparar esses consumos com os obtidos após a realização das devidas alterações de pressão.

As alterações das pressões procederam-se em duas fases. Na primeira fase reduziu-se a pressão inicial em cerca de 0,5 bar. Na segunda fase, reduziu-se ainda mais pressão, em menos 0,5 bar, perfazendo um total de redução da pressão de 1,0 bar, em relação à pressão inicial.

Em alguns casos, não foi possível a realização da segunda alteração de pressão, devido a reclamações (ZMC 04811), e porque as bombas ficaram a funcionar abaixo da sua curva ideal, registando avarias nos quadros (ZMC 05420 e ZMC 05120).

No caso das ZMC em que a pressão é regulada através de bombas sobrepessoras (ao nível do reservatório), a pressão foi alterada no quadro de comandos, através da alteração dos set-points - Figura 3.16 -. De realçar que na ZMC 48220, a pressão inicial não era estática, ou seja, estava modelada para aumentar e diminuir, consoante o aumento e diminuição do caudal de saída do reservatório. Neste caso, foi necessário modificar a pressão mínima e máxima de serviço, para que estas fossem idênticas, promovendo assim o funcionamento do sistema com uma pressão estática - Figura 3.17 -.



Figura 3.16 - Quadro de comandos das diferentes bombas sobrepessoras das ZMC 03430, 05420 e 05120

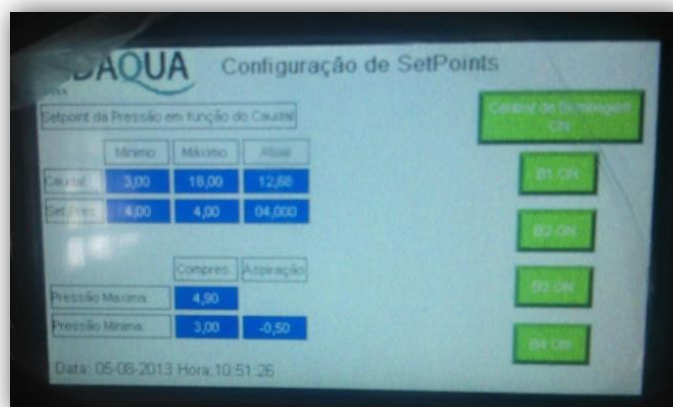


Figura 3.17 - Configuração de set-points nas bombas sobrepessoras da ZMC 48220

Nas seguintes Figuras são apresentadas as alterações de pressão realizadas nas bombas sobrepessoras:

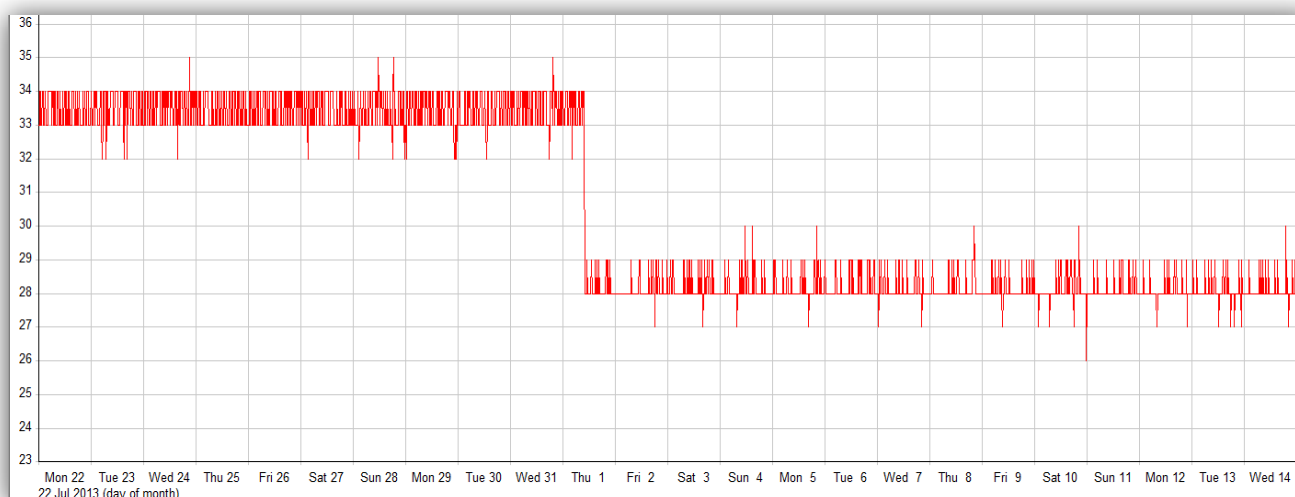


Figura 3.18 - Variação da pressão na ZMC 05420, à saída do reservatório. Verifica-se o decréscimo acentuado da pressão no dia 1 de Agosto (Thu 1), referente ao dia em que a pressão foi modificada

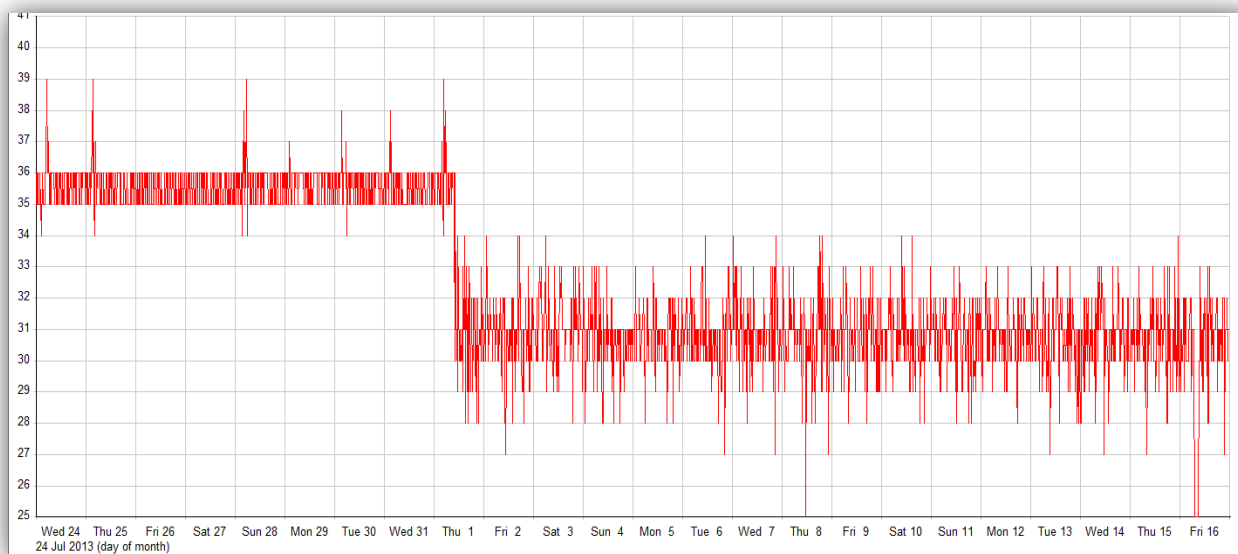


Figura 3.19 - Variação da pressão na ZMC 05120, à saída do reservatório. Verifica-se o decréscimo acentuado da pressão no dia 1 de Agosto (Thu 1), referente ao dia em que a pressão foi modificada

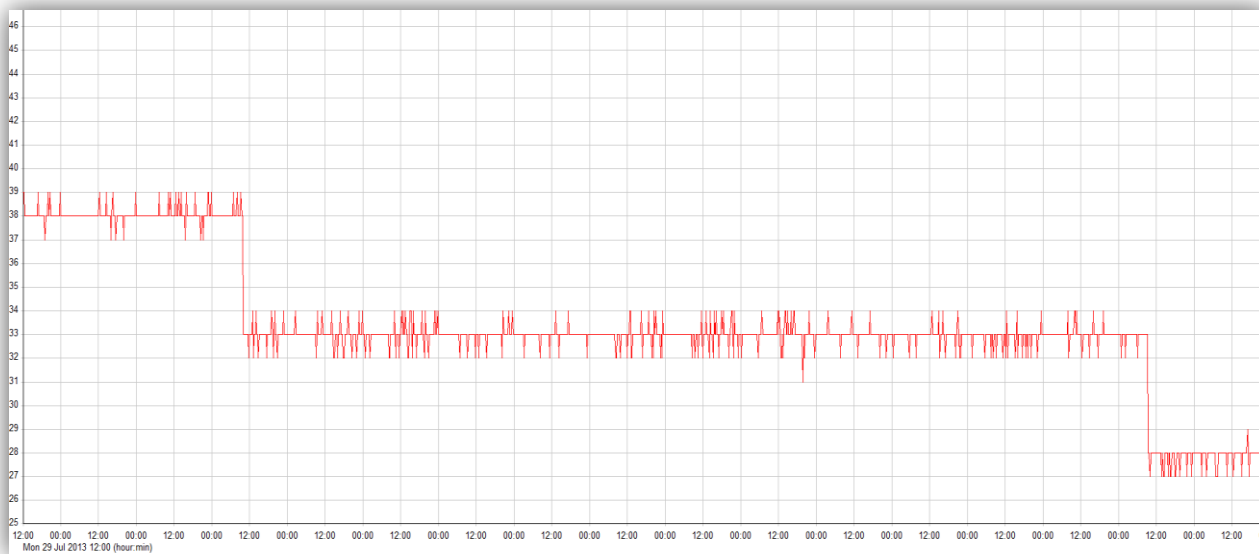


Figura 3.20 - Variação da pressão na ZMC 03430, à saída do reservatório. Verifica-se o decréscimo acentuado da pressão em dois pontos, referentes aos dias em que a pressão foi modificada

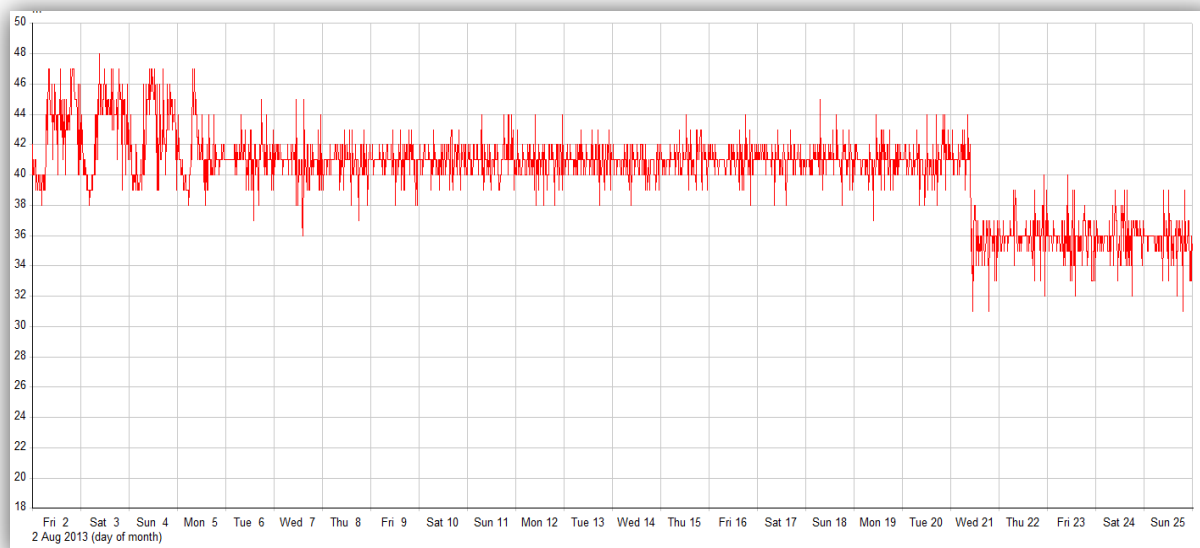


Figura 3.21 - Variação da pressão na ZMC 48220, à saída do reservatório

Na ZMC 48220 verifica-se que, até ao dia 5 de Agosto (Mon 5), quando se procedeu à estabilização e diminuição a pressão, esta apresentava elevadas amplitudes de pressão ao longo do dia, uma vez que a esta estava modelada em função do caudal. Após a estabilização da pressão, estas amplitudes diminuíram. Verifica-se, igualmente, a segunda diminuição da pressão - Wed 21 -.

Na ZMC 04811, a alteração da pressão foi realizada na VRP correspondente. Devido ao maior evento festivo da região, a Viagem Medieval, realizar-se na área de influência por esta ZMC, não foi possível alterar a pressão durante o mesmo, por motivos de qualidade do serviço, e de não representatividade dos consumos medidos. Após este evento, a pressão foi alterada para o nível pré-definido.

3.6 Monitorização dos consumos, fugas e reclamações

A monitorização dos consumos, fugas e reclamações foi realizada desde o início até ao fim da experiência, em concordância com que o já é feito pela INDAQUA Feira diariamente. Esta monitorização foi essencial para perceber se as alterações das pressões influenciam os parâmetros já referidos, para além de que, possibilitou a recolha dos dados de consumo para posterior análise estatística.

➤ **Monitorização dos consumos**

A monitorização dos consumos realizou-se de dois em dois dias, ao longo da experiência. Este curto intervalo de tempo entre leituras, deveu-se à configuração e programação dos Cybles. Conforme dito no capítulo 3.4., os Cybles foram programados para guardar os dados de consumo, por um período máximo de 91 bits consecutivos, a partir das quais, os dados guardados seriam substituídos por novos dados. No caso específico deste trabalho, e como os consumos foram medidos numa base horária, os 91 bits significam 91 horas. É possível guardar dados por um período maior, 181 horas, ou por um período menor, 46 horas, consoante as necessidades do programador, concernentes à quantidade de dados e à fiabilidade dos mesmos.

Tratando-se de um trabalho de engenharia - não destinado, portanto, a facturação -, escolheu-se os 91 bits (ou horas) porque permitia obter os dados de consumo, fugas, alarmes e efeitos de refluxo, com a fiabilidade desejável. Assim, num intervalo de dois dias, mais concretamente, segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras, os consumos foram monitorizados através da leitura dos dados armazenados nos Cybles, através da utilização de um TPL, nomeadamente o Psion (Figura 3.22).



Figura 3.22 - Leitura do Cyble através do Psion

Após cada sessão de leituras, os dados foram descarregados do Psion para o computador, através do *software* Everblu. Neste *software* é possível verificar a evolução dos consumos, dos alarmes, das fugas e dos efeitos de refluxo, conforme exemplificado na Figura 3.23. No entanto, e com o objectivo de tratar os dados obtidos numa base estatística, foi necessário transferir os dados para EXCEL, processo este que teve de ser realizado cliente a cliente, uma vez que o programa não exporta dados em formato EXCEL.

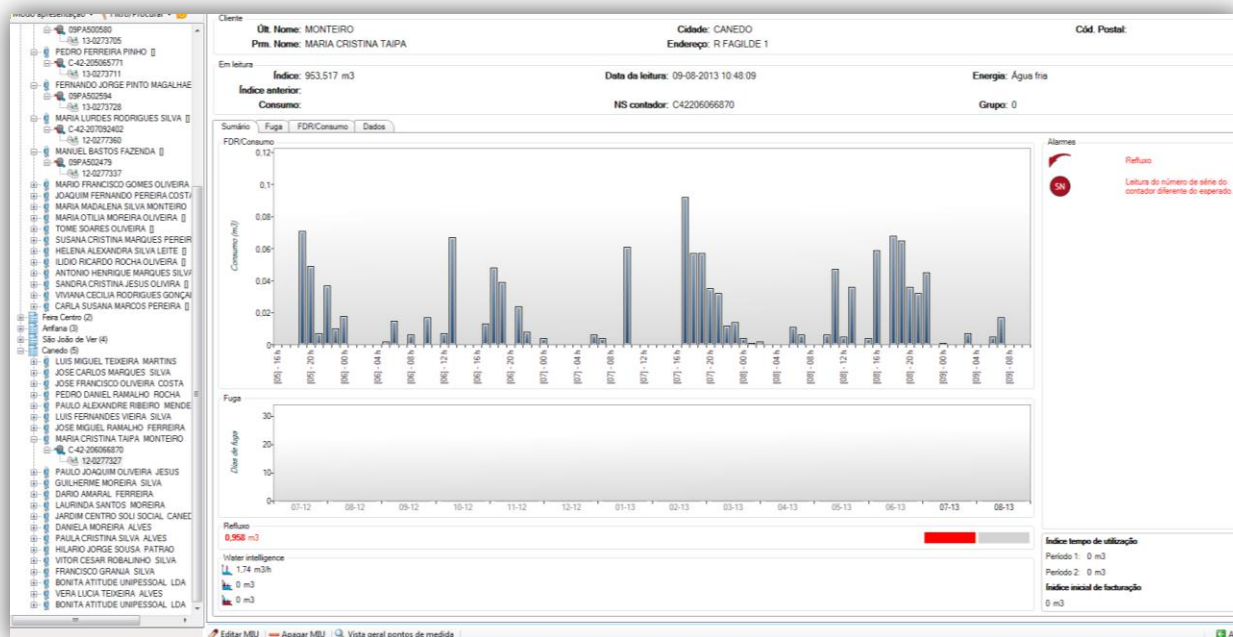


Figura 3.23 - Pormenor da variação dos consumos, visível através do EverBlu

➤ Monitorização das fugas

As fugas foram monitorizadas através da medição do CmN (Figura 3.24). A monitorização do CmN permitiu verificar se, as alterações na pressão de serviço, tinham efeito no caudal de fugas. No Anexo 4 é possível verificar a evolução do CmN ao longo da experiência.

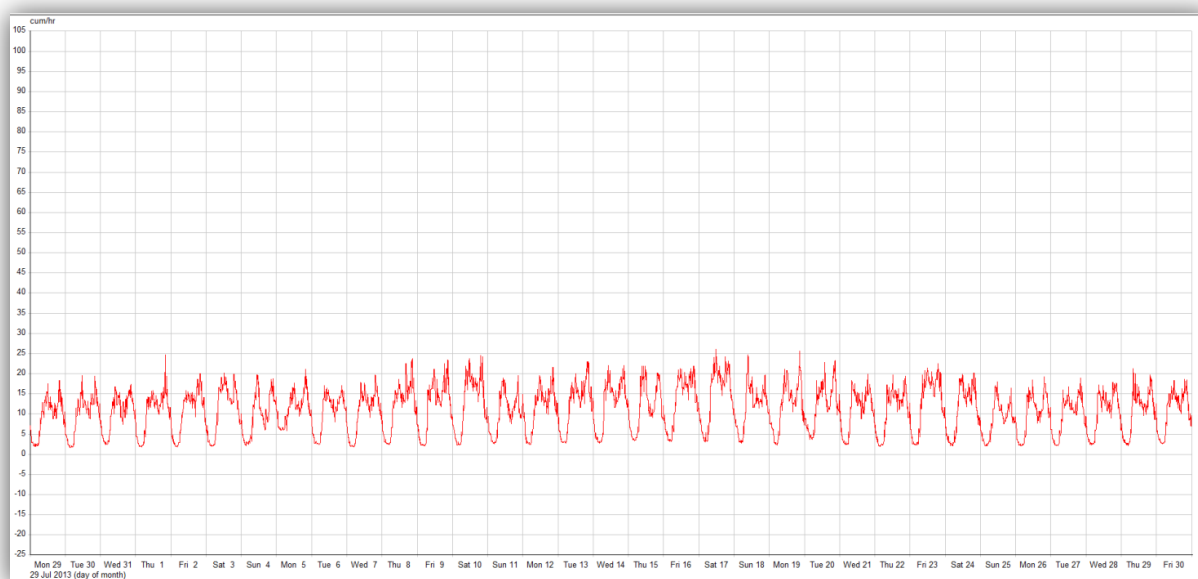


Figura 3.24 - Monitorização do CmN

O CmN e o volume mínimo nocturno foram calculados diariamente, tendo em conta que estes ocorrem no período compreendido entre as 02h e as 04h.

➤ **Monitorização de reclamações**

As reclamações foram monitorizadas, com o objectivo de verificar se as alterações da pressão tinham efeitos na qualidade do serviço prestado. Através do número de telefonemas recebidos, pelo serviço de Piquete, e Atendimento ao Cliente, foi possível realizar essa monitorização.

4. RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO

4.1 ZMC 05420 - Arrifana

4.1.1 Pressão Vs Consumo

Tabela 4.1 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 05420

	Consumo (m ³ /sem.)				
Semana	25/07 a 31/07	01/08 a 07/08	08/08 a 14/08	15/08 a 21/08	22/08 a 28/08
Pressão (bar)	3,3	2,8	2,8	2,8	2,8
Agrupamento	10,234	6,660	6,388	5,318	7,920
Alberto	2,089	2,050	2,405	2,358	2,500
Américo Soares	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Andreia Magna	0,731	1,101	0,893	1,162	1,097
António Almeida	0,740	0,808	0,899	0,790	0,755
António José	1,882	1,573	2,150	3,254	1,943
António Manuel	1,288	1,196	1,218	1,209	1,587
Armando Lopes	3,554	0,328	0,375	2,852	3,749
Aurora	2,177	2,302	2,482	2,138	2,167
Bruno Miguel	1,916	1,794	1,883	0,930	0,308
David Ferreira	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Domingos Leite	2,210	2,269	2,620	2,124	2,398
Fernando	1,657	1,410	1,821	1,781	1,480
João Miguel	2,969	3,049	3,257	3,224	3,253
José António	2,873	1,468	1,619	2,009	2,401
Luís Filipe	0,429	0,524	1,551	1,618	1,475
Manuel Augusto	1,705	1,461	1,228	0,957	1,359
Manuel Martins	0,964	0,131	0,503	0,863	1,136
Maria Fernanda	1,614	1,947	2,382	1,260	1,210
Mónica Patrícia	1,735	2,571	2,720	2,404	3,080
Paula Lúcia	2,339	2,481	7,345	3,084	1,750
Paulo Manuel	1,224	0,880	1,158	1,248	1,239
Sónia Maria	1,848	1,326	1,616	1,944	1,410
Total	46,178	37,329	46,513	42,527	44,217
Variação**	0,000%	-19,163%	0,897%	-7,849%	-4,611%
Máximo	10,234	6,660	7,345	5,318	7,920
Mínimo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Médio	2,008	1,623	2,022	1,849	1,922

Obs.: Dado ao elevado número de dados de consumo horário dos diversos clientes, decidiu-se apresentar os dados numa base semanal, que inclui a soma de todos os consumos horários durante uma semana.

*A pressão foi modificada no dia 01 de Agosto

**A variação é calculada tendo como referência o consumo da primeira semana (25/07 a 31/07)

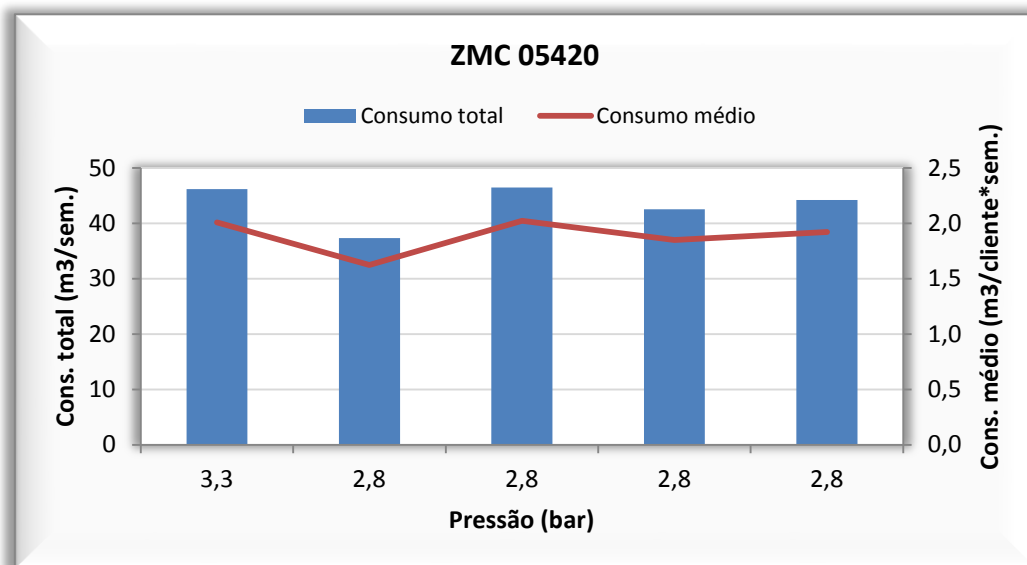


Figura 4.1 - Variação do consumo total e médio com a variação da pressão na ZMC 05420

Pela análise dos resultados obtidos, é possível verificar que a redução de pressão, de 3,3 para 2,8 bar, resultou numa redução do consumo de água nesta ZMC, embora seja visível um aumento de cerca de 0,897% do consumo, na terceira semana.

O consumo médio de cada cliente apresenta o mesmo comportamento que o consumo total.

4.1.2 Pressão vs Caudal

Tabela 4.2- Variação do volume e do caudal com a variação da pressão

Semana		25/07 a 31/07	01/08 a 07/08	08/08 a 14/08	15/08 a 21/08	22/08 a 28/08
Pressão (bar)		3,3	2,8	2,8	2,8	2,8
Volume total (m³)		1286,33	1198,00	1278,78	1198,24	1439,02
Variação		0,00%	-6,87%	-0,59%	-6,85%	11,87%
Caudal (m³/h)	Máximo	21,28	19,40	20,08	19,36	38,36
	Mínimo	1,32	1,20	1,20	1,12	1,40
	Médio	7,66	7,13	7,61	7,13	8,70

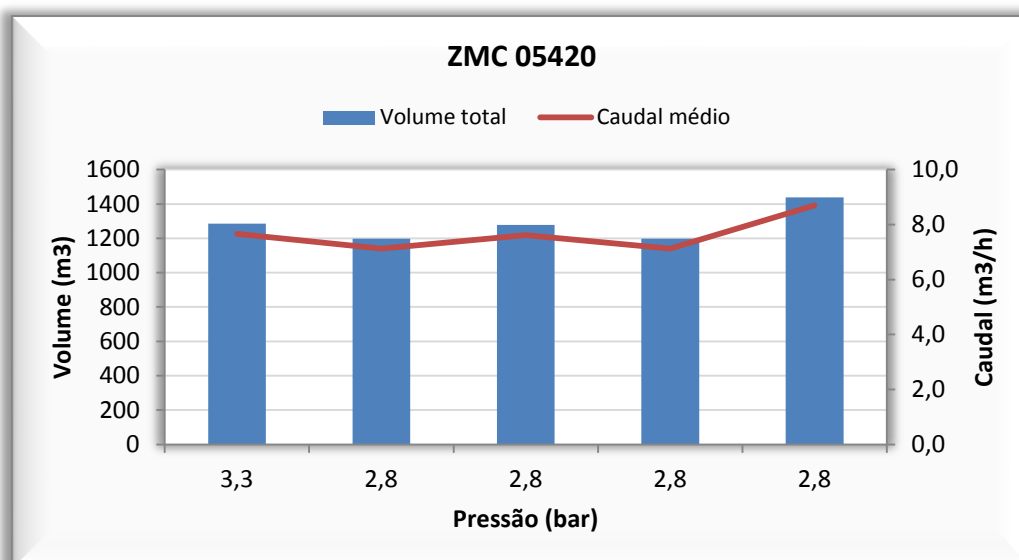


Figura 4.2- Variação do volume e do caudal médio com a variação da pressão

Analisando os resultados expostos na Tabela 4.2 e na Figura 4.2, verifica-se um comportamento irregular do volume fornecido a esta ZMC, com a redução de pressão. Se nas primeiras semanas, o volume diminuiu, na última, este aumentou cerca de 11,87%.

O caudal médio apresenta o mesmo comportamento que o volume total fornecido à ZMC.

4.1.3 Pressão Vs CmN

Tabela 4.3 - Variação do volume nocturno total e do CmN com a variação da pressão na ZMC 05420

Semana		25/07 a 31/07	01/08 a 07/08	08/08 a 14/08	15/08 a 21/08	22/08 a 28/08
Pressão (bar)		3,3	2,8	2,8	2,8	2,8
Volume total (m³)		29,20	23,80	28,43	29,00	26,46
Variação		0,00%	-18,49%	-2,64%	-0,68%	-9,38%
CmN (m³/h)	Máximo	3,80	3,68	3,48	3,44	2,96
	Mínimo	1,40	1,20	1,24	1,36	1,40
	Médio	2,09	1,70	2,03	2,07	1,89

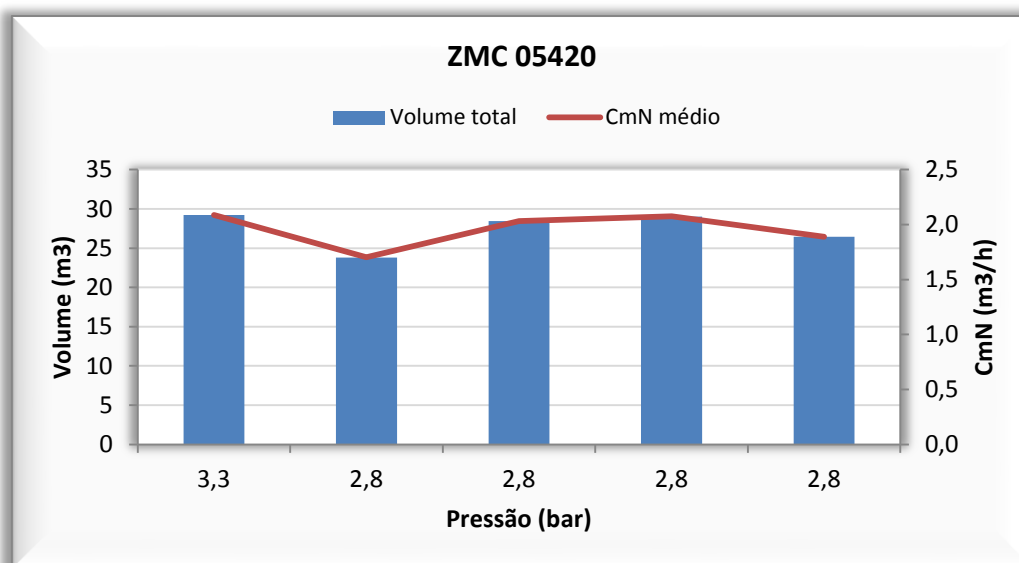


Figura 4.3 - Variação do volume nocturno total e do CmN médio com a variação da pressão na ZMC 05420

Analisando os resultados expostos na Tabela 4.3 e na Figura 4.3, verifica-se que a redução de pressão, em 0,5 bar, resultou numa redução generalizada do volume de água fornecido a esta ZMC, nas horas de menor consumo. Esta redução do volume foi mais acentuada na segunda semana, logo após a redução de pressão.

O CmN também teve uma redução generalizada ao longo das semanas, após a redução de pressão.

4.2 ZMC 05120 – Albergaria

4.2.1 Pressão Vs Consumo

Tabela 4.4 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 05120

	Consumo (m³/sem.)				
Semana	25/07 a 31/07	01/08 a 07/08	08/08 a 14/08	15/08 a 21/08	22/08 a 28/08
Pressão (bar)	3,6	3,1*	3,1	3,1	3,1
Alcides	1,552	1,873	1,880	1,504	1,976
Américo Amorim	1,451	1,721	1,414	1,271	1,694
António Rogério	2,547	2,389	2,386	1,344	1,793
Benjamim	3,226	2,811	2,913	2,854	2,689
Bruno Amaro	1,112	1,120	1,296	1,103	0,719

Calos Alberto	0,913	0,876	1,285	1,816	1,354
Cláudia Cristina	2,012	2,429	2,251	0,708	1,865
Elsa Marlene	2,089	1,985	1,487	2,328	1,867
Fábio Miguel	1,362	1,843	2,455	1,040	2,175
Fernanda Maria	1,657	2,035	1,812	2,199	2,427
Fernando Lopes	2,609	2,661	2,673	2,140	2,471
Francisco Pinto	1,652	2,196	1,933	1,901	1,963
Hélder Filipe	0,836	1,145	1,182	1,317	0,410
Joaquim Jorge	2,626	2,302	3,622	2,899	3,178
José Eduardo	1,712	2,232	1,370	2,834	3,537
José Magalhães	1,675	1,728	1,644	1,707	2,328
José Mário	2,447	2,981	2,984	3,301	2,692
Luís André	2,063	2,052	2,176	1,621	2,331
Manuel Pinto	1,483	1,435	1,515	1,359	0,669
Marta Susana	2,630	2,805	2,664	3,748	2,996
Nélson Augusto	0,697	0,536	1,398	1,397	1,796
Paulo Jorge	5,714	4,079	1,893	3,933	4,589
Ricardo Manuel	2,409	2,529	2,574	2,435	2,214
Sónia Carla	1,886	1,440	1,516	1,954	1,637
Vítor Manuel	1,770	1,844	1,950	2,271	2,461
Vítor M. Fonseca	0,668	0,634	0,794	0,992	0,881
Total	50,798	51,681	51,067	51,976	54,712
Variação**	0,000%	1,738%	0,530%	2,319%	7,705%
Máximo	5,714	4,079	3,622	3,933	4,589
Mínimo	0,668	0,536	0,794	0,708	0,410
Médio	1,954	1,988	1,964	1,999	2,104

Obs.: Dado ao elevado número de dados de consumo horário dos diversos clientes, decidiu-se apresentar os dados numa base semanal, que inclui a soma de todos os consumos horários durante uma semana.

*A pressão foi modificada no dia 01 de Agosto

**A variação é calculada tendo como referência o consumo da primeira semana (25/07 a 31/07)

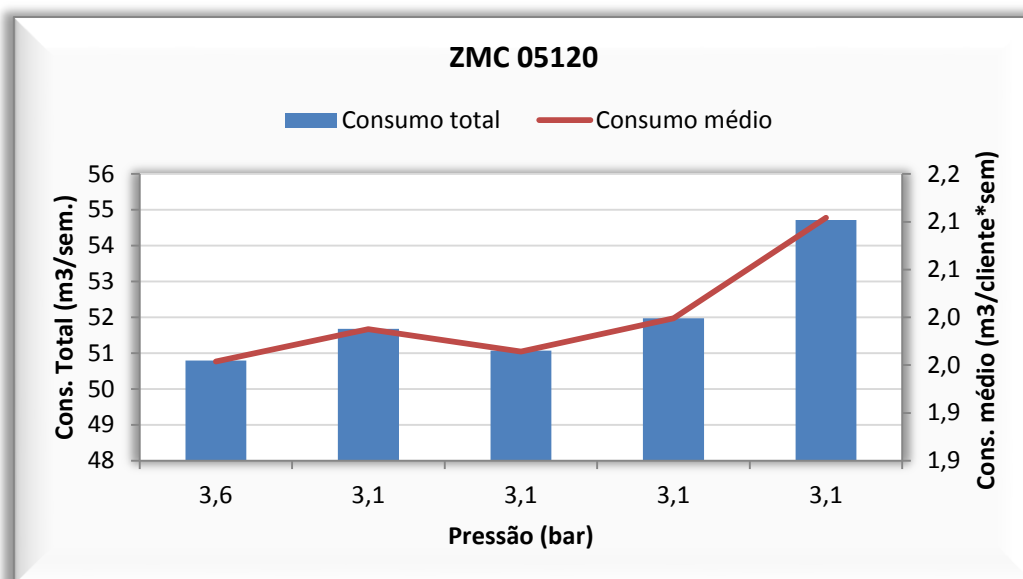


Figura 4.4 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 05120

Analisando os resultados obtidos, verifica-se um aumento do consumo de água com a redução de pressão. Este aumento é mais significativo na última semana de análise, com um aumento de 7,705%, em relação à primeira semana.

O consumo médio de cada cliente apresenta o mesmo comportamento que o consumo total.

4.2.2 Pressão Vs Caudal

Tabela 4.5 - Variação do volume e do caudal com a variação da pressão

Semana		25/07 a 31/07	01/08 a 07/08	08/08 a 14/08	15/08 a 21/08	22/08 a 28/08
Pressão (bar)		3,6	3,1	3,1	3,1	3,1
Volume total (m³)		1068,21	968,18	1059,26	1029,33	1086,78
Variação		0,00%	-9,36%	-0,84%	-3,64%	1,74%
Caudal (m³/h)	Máximo	16,56	14,20	15,28	16,12	34,28
	Mínimo	1,36	1,36	1,36	1,20	1,56
	Médio	6,36	5,77	6,31	6,13	6,47

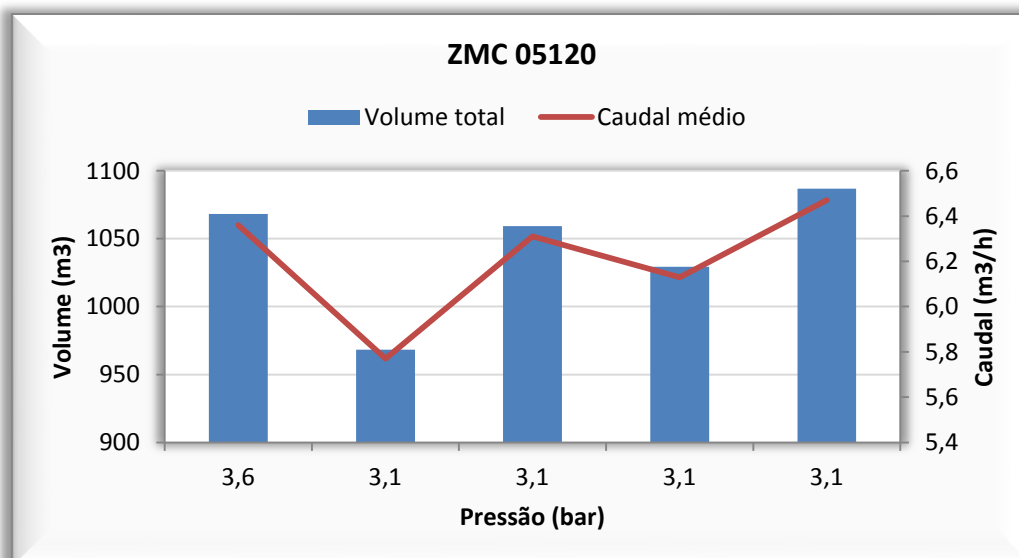


Figura 4.5- Variação do volume e do caudal médio com a variação da pressão

Analisando os resultados obtidos, verifica-se uma redução do volume total de água fornecido a esta ZMC, após a redução de pressão, de 3,6 para 3,1 bar. Esta redução do volume (-9,36%) é mais significativa, logo após a redução da pressão, na segunda semana de análise. De notar que na última semana, o volume total de água fornecido aumentou 1,74%.

O caudal médio apresenta o mesmo comportamento que o volume total.

4.2.3 Pressão Vs CmN

Tabela 4.6 - Variação do volume nocturno total e do CmN com a variação da pressão na ZMC 05120

Semana		25/07 a 31/07	01/08 a 07/08	08/08 a 14/08	15/08 a 21/08	22/08 a 28/08
Pressão (bar)		3,6	3,1	3,1	3,1	3,1
Volume total (m³)		28,80	26,43	26,33	28,41	28,37
Variação		0,00%	-8,23%	-8,58%	-1,35%	-1,49%
CmN (m³/h)	Máximo	2,96	2,64	3,48	3,32	2,68
	Mínimo	1,44	1,36	1,36	1,52	1,56
	Médio	2,06	1,89	1,88	2,03	2,03

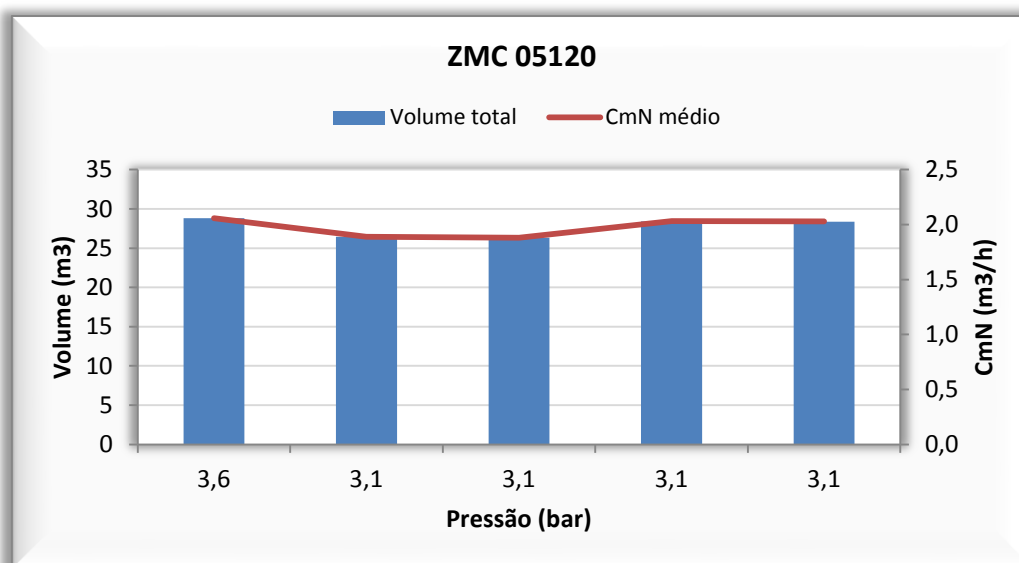


Figura 4.6- Variação do volume nocturno total e do CmN médio com a variação da pressão na ZMC 05120

Analisando os resultados obtidos, expostos na Tabela 4.6 e na Figura 4.6, verifica-se uma redução generalizada do volume total de água fornecido a esta ZMC, nas horas de menor consumo, das 02h às 04h, após a redução da pressão. Esta diminuição generalizada do volume (-8,58%) foi mais significativa, na terceira semana de análise.

Em relação ao CmN, este também diminuiu com a redução de pressão.

4.3 ZMC 03430 – Canedo

4.3.1 Pressão Vs Consumo

Tabela 4.7 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 03430

	Consumo (m³/sem.)				
Semana	25/07 a 31/07	01/08 a 07/08	08/08 a 14/08	15/08 a 21/08	22/08 a 28/08
Pressão (bar)	3,8	3,3*	3,3	2,8**	2,8
Bonita	1,411	1,242	1,296	1,993	0,732
Bonita Atitude	0,568	1,118	0,952	0,762	1,087
Daniela Moreira	2,033	2,362	2,003	2,681	1,687
Dário Amaral	2,876	3,431	2,155	4,363	2,432
Francisco Granja	2,996	2,292	1,963	3,310	3,163
Guilherme	2,564	2,670	2,689	2,775	2,540

Hilário Jorge	1,770	1,792	2,367	2,305	2,184
Jardim	7,935	6,742	7,213	6,545	6,701
José Carlos	1,143	1,006	1,164	1,412	1,318
José Francisco	2,539	2,697	3,835	1,502	0,953
José Miguel	1,027	4,925	2,619	2,533	2,375
Laurinda Santos	2,659	2,378	1,979	1,642	1,802
Luís Fernandes	1,112	1,372	1,447	1,801	1,433
Luís Miguel	1,481	1,418	1,438	1,379	1,252
Maria Cristina	2,368	2,222	2,258	2,453	2,696
Paula Cristina	2,177	2,159	1,647	2,352	2,088
Paulo Alexandre	1,628	2,004	1,602	1,543	0,975
Paulo Joaquim	1,966	4,134	3,684	3,400	3,388
Pedro Daniel	1,725	1,352	2,245	1,165	1,603
Vera Lúcia	1,765	1,993	2,137	2,413	2,247
Vítor César	3,086	3,754	3,372	3,228	3,199
Total	46,829	53,063	50,065	51,557	45,855
Variação***	0,000%	13,312%	6,910%	10,096%	-2,080%
Máximo	7,935	6,742	7,213	6,545	6,701
Mínimo	0,568	1,006	0,952	0,762	0,732
Médio	2,230	2,527	2,384	2,455	2,184

Obs.: Dado ao elevado número de dados de consumo horário dos diversos clientes, decidiu-se apresentar os dados numa base semanal, que inclui a soma de todos os consumos horários durante uma semana.

*A pressão foi modificada no dia 01 de Agosto

**A pressão foi modificada no dia 13 de Agosto

***A variação é calculada tendo como referência o consumo da primeira semana (25/07 a 31/07)

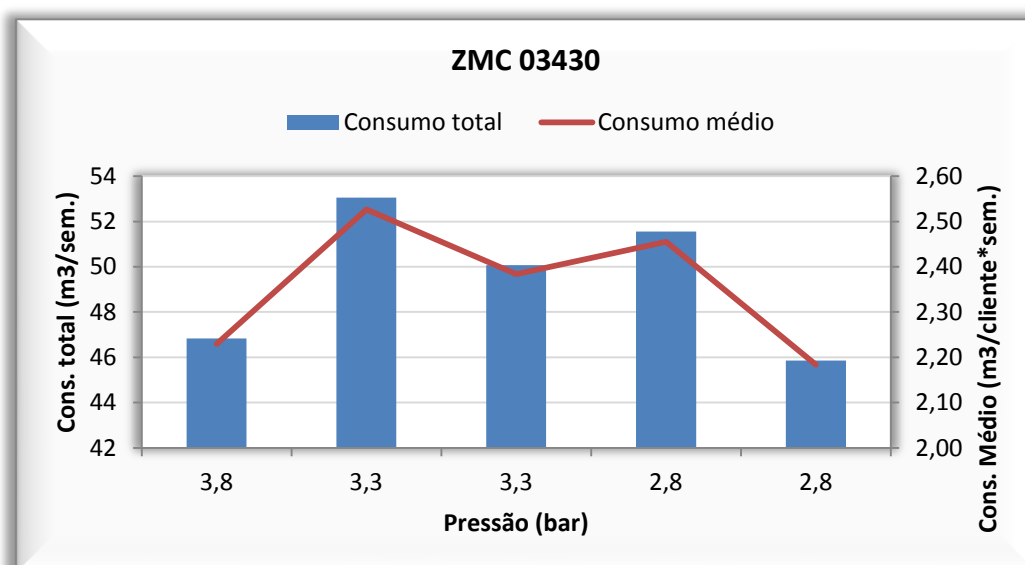


Figura 4.7 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 03430

Analisando os resultados obtidos, verifica-se um comportamento muito irregular do consumo de água ao longo da experiência. A redução de pressão na segunda semana, de 0,5 bar, resultou num aumento do consumo de água de 13,312%. Após esse aumento, o consumo manteve-se num patamar mais elevado em relação à primeira semana, quando a pressão era superior.

Reduzindo ainda mais a pressão na quarta semana (menos 0,5 bar, perfazendo um total de 1 bar em relação à pressão inicial), verifica-se um aumento do consumo nessa semana, porém, na quinta semana, o consumo diminui para valores inferiores ao consumo da primeira semana.

O consumo médio de cada cliente apresenta o mesmo comportamento que o consumo total.

4.3.2 Pressão vs Caudal

Tabela 4.8 - Variação do volume e do caudal com a variação da pressão

Semana		25/07 a 31/07	01/08 a 07/08	08/08 a 14/08	15/08 a 21/08	22/08 a 28/08
Pressão (bar)		3,8	3,3	3,3	2,8	2,8
Volume total (m ³)		1651,66	1719,45	2009,48	2096,47	1768,16
Variação		0,00%	4,10%	21,66%	26,93%	7,05%
Caudal (m ³ /h)	Máximo	23,20	24,68	24,52	26,16	22,48
	Mínimo	1,68	1,80	2,08	2,36	2,00
	Médio	9,83	10,88	11,96	12,48	10,52

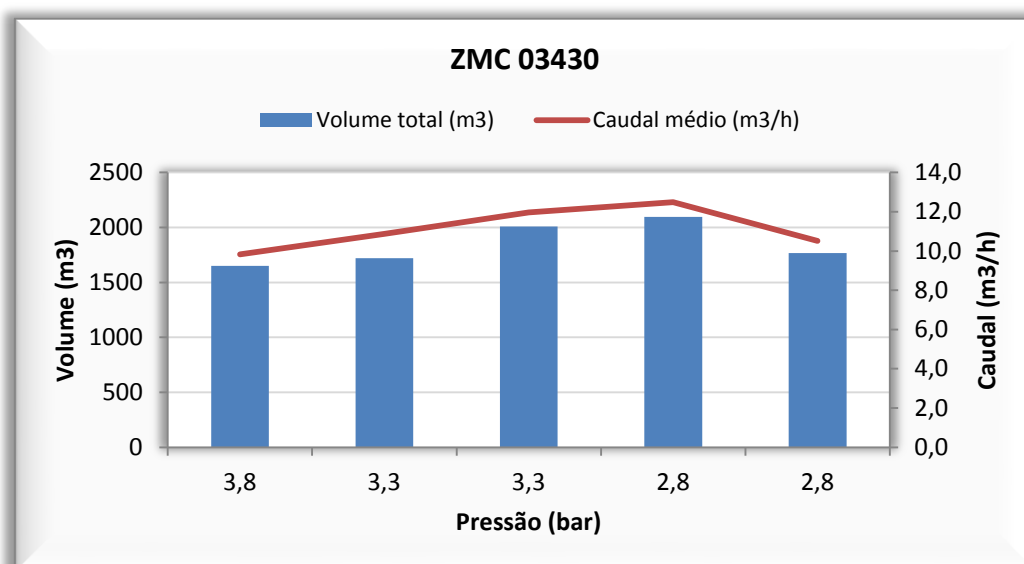


Figura 4.8 - Variação do volume e do caudal médio com a variação da pressão

Analisando os resultados obtidos, verifica-se um aumento generalizado do volume fornecido esta ZMC, após a redução da pressão. Na segunda e na terceira semana, o volume fornecido aumentou significativamente - 49,66% e 74,91%, respectivamente -. No entanto, foi na quarta semana, quando se reduziu a pressão para 2,8 bar, que se registou o maior aumento do consumo (em relação à primeira semana), nomeadamente, 82,48%.

O caudal médio apresenta o mesmo comportamento que o volume total fornecido à ZMC.

4.3.3 Pressão Vs CmN

Tabela 4.9 - Variação do volume nocturno total e do CmN com a variação da pressão na ZMC 03430

Semana		25/07 a 31/07	01/08 a 07/08	08/08 a 14/08	15/08 a 21/08	22/08 a 28/08
Pressão (bar)		3,8	3,3	3,3	2,8	2,8
Volume total (m³)		34,18	41,02	43,07	60,47	36,07
Variação		0,00%	20,01%	26,01%	76,92%	5,53%
CmN (m³/h)	Máximo	4,00	6,52	5,12	7,40	4,52
	Mínimo	1,68	1,88	2,24	2,48	2,00
	Médio	2,45	2,93	3,08	4,32	2,58

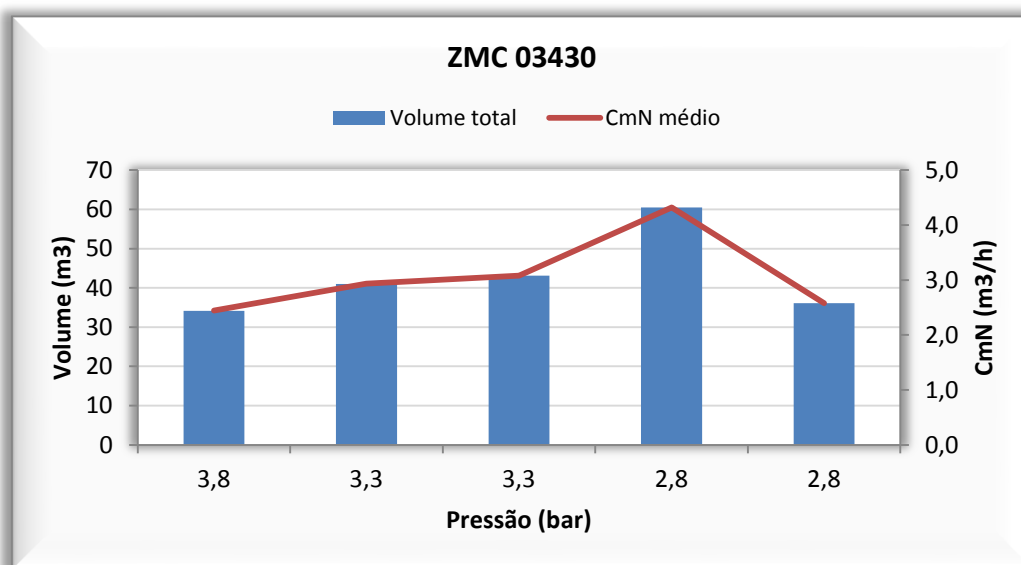


Figura 4.9 - Variação do volume nocturno total e do CmN médio com a variação da pressão na ZMC 03430

Analisando os resultados obtidos, é possível verificar um aumento generalizado do volume total de água fornecido à ZMC, nas horas de menor consumo. Este aumento é mais significativo após a redução de pressão, para 2,8 bar, que corresponde à diminuição de 1 bar em relação à pressão inicial. Verifica-se que na última semana, ocorre a alteração da tendência de aumento do volume total fornecido.

Em relação ao CmN, este apresenta o mesmo perfil que o volume total.

4.4 ZMC 48220 – Vila nova

4.4.1 Pressão Vs Consumo

Tabela 4.10 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 48220

	Consumo (m ³ /sem.)				
Semana	22/07 a 28/07	29/07 a 04/08	05/08 a 11/08	12/08 a 18/08	21/08 a 27/08
Pressão (bar)	3,6 - 4,5*	3,6-4,5	4**	4	3,5***
Agostinho	2,389	2,297	2,541	1,963	3,011
Amália Ferreira	0,660	0,752	0,709	0,635	0,652
António Henrique	1,455	1,261	1,845	1,503	1,535
Armando	2,763	2,099	1,952	1,893	1,726
Carla Susana	2,205	1,998	2,412	3,399	0,582
Fernando	1,837	1,721	2,147	1,968	1,648
Helena	2,007	1,579	1,724	2,267	1,918
Ilídio	1,513	1,904	1,268	2,018	0,474
Joaquim Fernando	1,738	1,221	1,226	1,505	1,273
José Pinto	1,334	1,524	1,250	1,654	1,218
Ludovina	0,823	0,754	0,828	0,859	0,596
Manuel Bastos Fazenda	1,992	0,194	2,095	2,814	2,426
Manuel F. Silva	0,176	2,745	0,115	0,096	0,099
Maria Lurdes	1,275	1,327	1,030	0,922	1,035
Maria Madalena Silva	2,140	2,292	1,786	1,944	1,733
Maria Otilia	1,082	0,831	0,492	0,857	0,733
Mário Francisco	2,792	2,517	2,468	2,360	1,898
Sandra	1,560	1,109	0,865	2,243	1,871
Susana	1,217	1,453	1,633	1,806	1,406
Tomé Soares	2,054	3,290	2,716	2,015	3,826
Viviana	1,326	1,482	0,933	0,742	1,271
Total	34,338	34,35	32,035	35,463	30,931
Variação****	0,000%	0,035%	-6,707%	3,276%	-9,922%
Máximo	2,792	3,290	2,716	3,399	3,826

Mínimo	0,176	0,194	0,115	0,096	0,099
Médio	1,635	1,636	1,525	1,689	1,473

Obs.: Dado ao elevado número de dados de consumo horário dos diversos clientes, decidiu-se apresentar os dados numa base semanal, que inclui a soma de todos os consumos horários durante uma semana.

*Pressão modelada em função do caudal mínimo e máximo

**A pressão foi modificada no dia 05 de Agosto

***A pressão foi modificada no dia 21 de Agosto

****A variação é calculada tendo como referência o consumo da primeira semana (22/07 a 28/07)

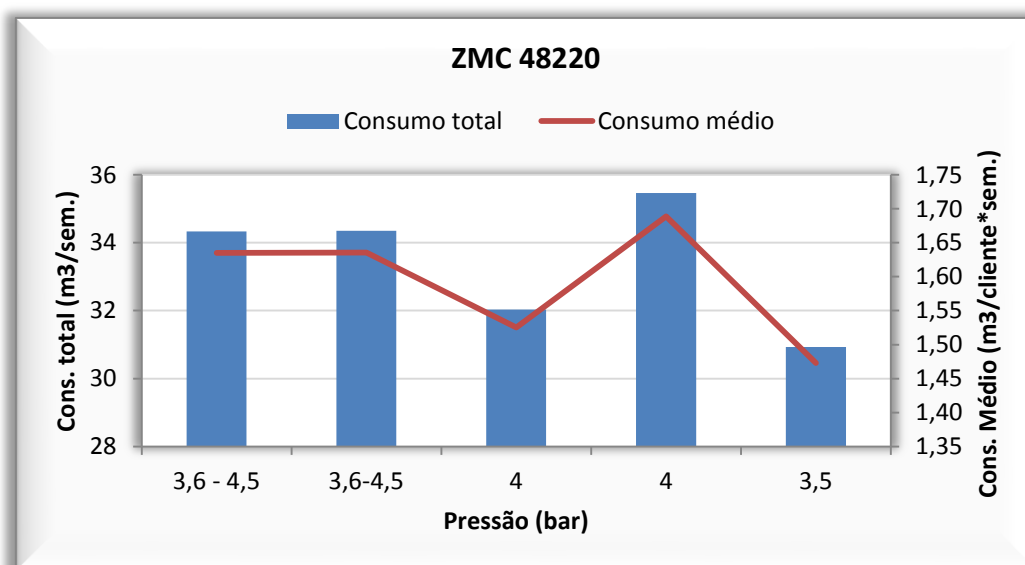


Figura 4.10 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 48220

Analisando os resultados obtidos, é possível verificar que, após a estabilização da pressão, na terceira semana, o consumo diminui 6,707%. No entanto, na quarta semana, o consumo aumentou 3,276% em relação à primeira, quando a pressão era ainda modelada em função do caudal máximo e mínimo. Verifica-se que, após a redução de pressão, de 4,0 para 3,5 bar o consumo diminui cerca de 9,922%, que corresponde à maior queda no consumo registado ao longo das semanas.

O consumo médio de cada cliente apresenta o mesmo comportamento que o consumo total.

4.4.2 Pressão Vs Caudal

Tabela 4.11 - Variação do volume e do caudal com a variação da pressão

Semana		22/07 a 28/07	29/07 a 04/08	05/08 a 11/08	12/08 a 18/08	21/08 a 27/08
Pressão (bar)		3,6 - 4,5	3,6-4,5	4	4	3,5
Volume total (m³)		1979,40	1886,07	1940,54	1730,78	1427,65
Variação		0,00	-4,72%	-1,96%	-12,56%	-27,87%
Caudal (m³/h)	Máximo	26,24	31,92	23,92	30,16	27,40
	Mínimo	3,40	2,88	3,60	3,92	2,76
	Médio	11,78	11,23	11,55	12,02	9,91

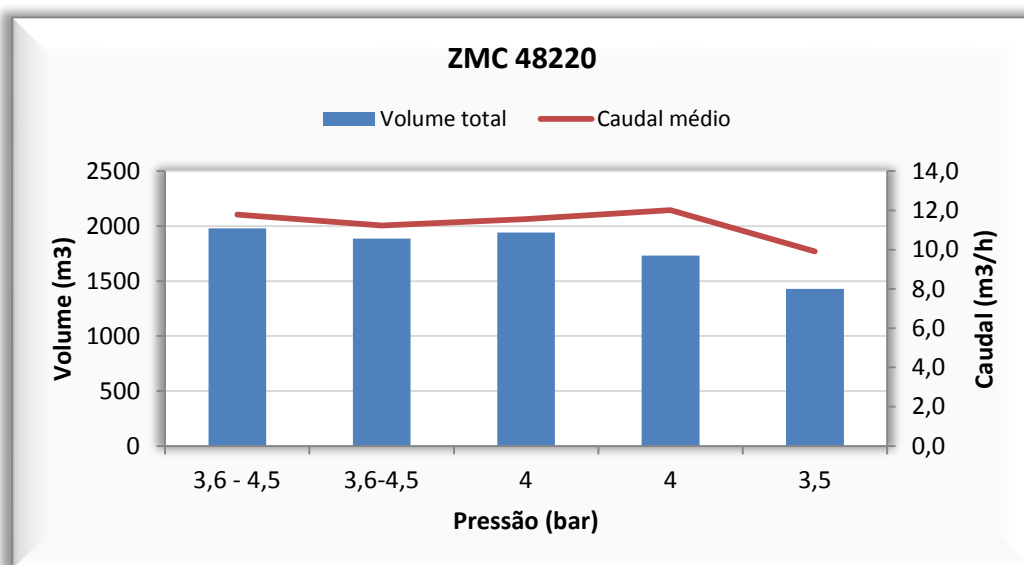


Figura 4.11 - Variação do volume e do caudal médio com a variação da pressão

Analisando os resultados obtidos, verifica-se que a estabilização da pressão teve impactos negativos no volume total fornecido esta ZMC, com a redução do volume total, em relação às duas primeiras semanas de análise. Após a redução de pressão, de 4,0 para 3,5 bar, o volume fornecido registou uma quebra acentuada de 27,87%, em relação à primeira semana.

Em relação ao caudal médio, este aumentou ligeiramente após a estabilização da pressão, diminuindo de forma mais acentuada após a redução de pressão, na última semana.

4.4.3 Pressão Vs CmN

Tabela 4.12 - Variação do volume nocturno total e do CmN com a variação da pressão na ZMC 48220

Semana		22/07 a 28/07	29/07 a 04/08	05/08 a 11/08	12/08 a 18/08	21/08 a 27/08
Pressão (bar)		3,6 - 4,5	3,6-4,5	4	4	3,5
Volume total (m ³)		65,56	58,63	67,86	72,39	47,45
Variação		0,00%	-10,57%	3,51%	10,42%	-27,62%
CmN (m ³ /h)	Máximo	7,36	5,92	6,72	7,40	4,80
	Mínimo	3,40	3,04	3,60	4,16	2,84
	Médio	4,69	4,19	4,87	5,17	3,39

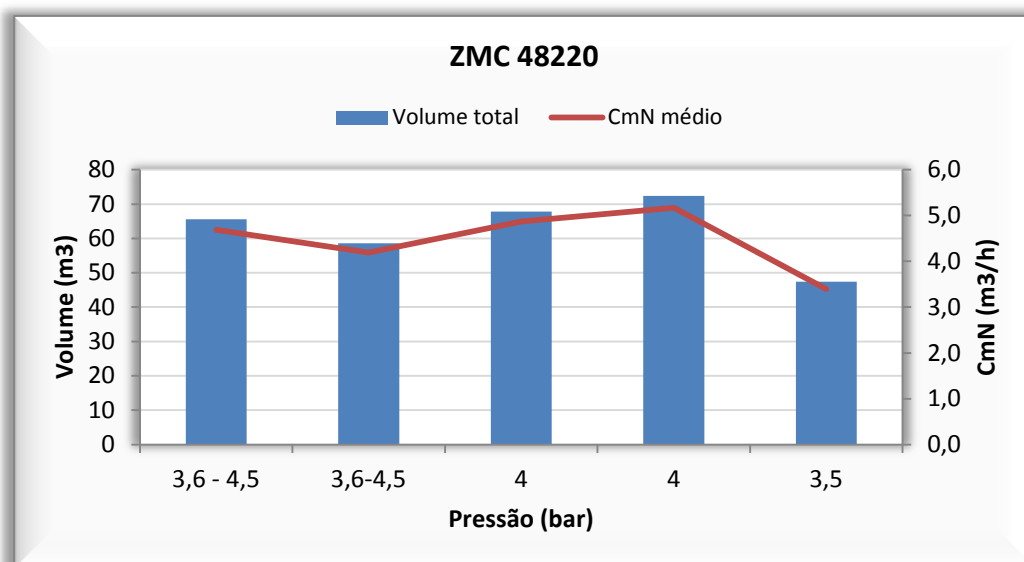


Figura 4.12 - Variação do volume nocturno total e do CmN médio com a variação da pressão na ZMC 48220

Na Tabela 4.12 e na Figura 4.12 é visível que, após a estabilização da pressão, o volume total de água fornecido à ZMC, nas horas de menor consumo, aumentou, atingindo um pico de +10,42% na quarta semana. Esta tendência de aumento é alterada após a redução de pressão, de 0,5 bar, sendo possível verificar uma redução do volume total, de 27,62%, em comparação com a primeira semana.

O CmN apresenta o mesmo comportamento que o volume.

4.5 ZMC 04811 – Ferreira de Castro

4.5.1 Pressão Vs Consumo

Tabela 4.13 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 04811

	Consumo (m ³ /sem.)				
Semana	25/07 a 31/07	01/08 a 07/08	08/08 a 14/08	15/08 a 21/08	22/08 a 28/08
Pressão (bar)	2,5	2,5	2,5	2,2*	2,5**
Amândio Machado	0,731	2,007	2,276	1,930	2,291
André Ricardo	1,513	1,724	1,679	0,871	0,709
António Ferreira	0,380	0,369	0,436	0,476	0,297
António Toscano	5,893	7,410	8,160	4,243	3,944
Carlos Soares	0,941	0,884	2,241	1,104	0,878
Domingos	3,593	4,042	3,642	1,909	3,323
Ernestina	2,125	2,064	2,685	1,698	1,944
Erre	4,484	5,910	3,308	0,401	3,145
Filipe Rodrigues	2,064	1,533	1,828	2,021	1,525
Finesse	0,583	0,716	0,729	0,408	0,423
Ivone	1,858	1,520	1,496	2,305	0,089
Luís Daniel	1,065	1,512	1,359	1,208	1,586
Maria Conceição	0,646	0,742	0,778	1,095	0,654
Maria H. Toscano	2,420	2,857	2,384	1,450	1,386
Nuno Miguel	1,810	2,106	2,240	1,106	1,336
Rodrigo Pereira	4,659	5,518	4,926	4,513	4,223
Rui Miguel	1,865	1,782	1,929	1,912	2,019
Rui António	1,577	1,207	1,400	1,138	1,851
Samões	0,243	0,048	0,000	0,205	0,209
Somatório	0,396	0,397	0,432	0,241	0,487
Zulmira	1,413	1,085	1,329	1,138	1,605
Total	40,259	45,433	45,257	31,372	33,924
Variação***	0,000%	12,852%	12,415%	-22,075%	-15,736%
Máximo	5,893	7,410	8,160	4,513	4,223
Mínimo	0,243	0,048	0,000	0,205	0,089
Média	1,917	2,163	2,155	1,494	1,615

Obs.: Dado ao elevado número de dados de consumo horário dos diversos clientes, decidiu-se apresentar os dados numa base semanal, que inclui a soma de todos os consumos horários durante uma semana.

*A pressão foi modificada no dia 13 de Agosto

**A pressão foi modificada no dia 22 de Agosto

***A variação é calculada tendo como referência o consumo da primeira semana (25/07 a 31/07)

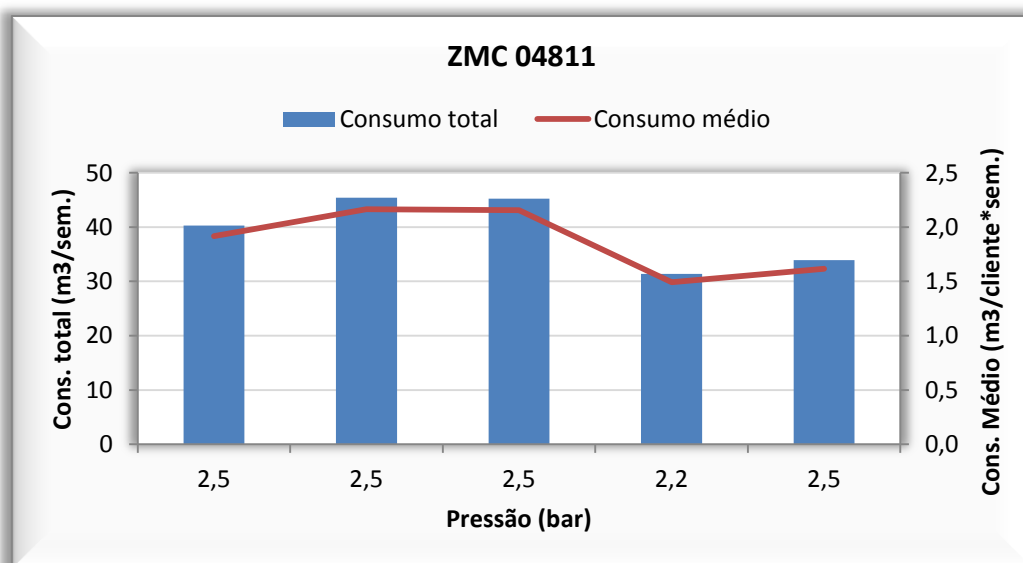


Figura 4.13 - Variação do consumo com a variação da pressão na ZMC 04811

Analisando os resultados obtidos, verifica-se uma redução do consumo total de água com a redução da pressão. Verifica-se também que, após a reposição da pressão, de 2,2 para 2,5 bar, na quinta semana, o consumo aumentou.

O consumo médio de cada cliente apresenta o mesmo comportamento que o consumo total.

4.5.2 Pressão Vs Caudal

Tabela 4.14 - Variação do volume e do caudal com a variação da pressão

Semana		25/07 a 31/07	01/08 a 07/08	08/08 a 14/08	15/08 a 21/08	22/08 a 28/08
Pressão (bar)		2,5	2,5	2,5	2,2	2,5
Volume total (m³)		2151,67	2327,47	2480,69	2305,54	2316,82
Variação		0,00%	8,17%	15,29%	7,15%	7,68%
Caudal (m³/h)	Máximo	29,70	27,90	36,00	36,90	31,50
	Mínimo	3,90	3,90	4,50	4,20	4,50
	Médio	12,61	13,85	14,77	13,72	13,79

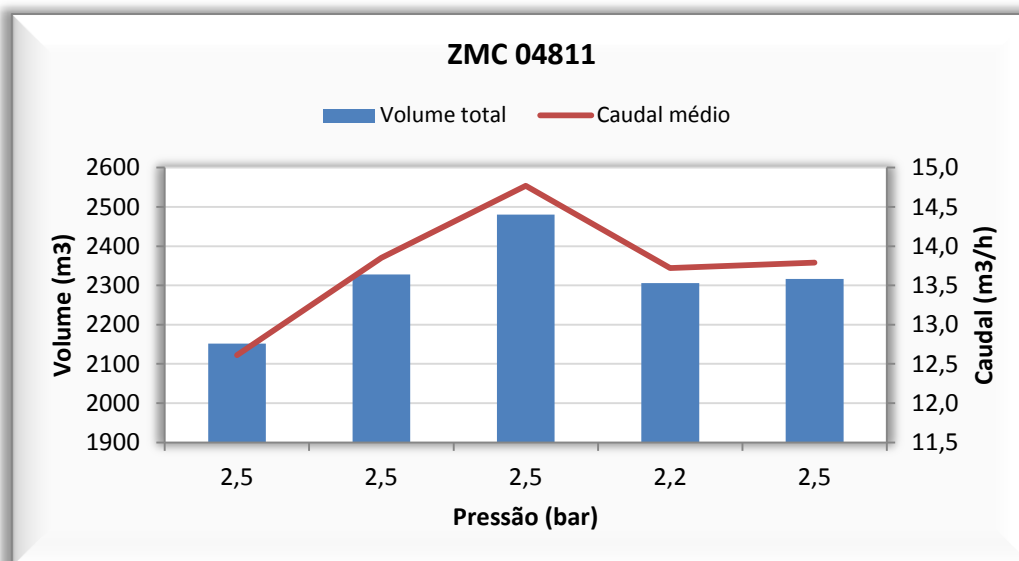


Figura 4.14 - Variação do volume e do caudal médio com a variação da pressão

Analisando os resultados obtidos, expostos no Quadro 4.14 e na Figura 4.14, é possível verificar um aumento no volume total fornecido à ZMC após a redução de pressão, na quarta semana. Verifica-se também um ligeiro aumento do volume, após o aumento da pressão na quinta semana.

O caudal médio apresenta o mesmo perfil que o volume total.

4.5.3 Pressão Vs CmN

Tabela 4.15 - Variação do volume nocturno total e do CmN com a variação da pressão na ZMC 04811

Semana		25/07 a 31/07	01/08 a 07/08	08/08 a 14/08	15/08 a 21/08	22/08 a 28/08
Pressão (bar)		2,5	2,5	2,5	2,2	2,5
Volume total (m³)		71,51	82,29	89,00	88,87	79,95
Variação		0,00%	15,07%	24,46%	24,28%	11,80%
CmN (m³/h)	Máximo	7,80	9,00	9,90	10,20	8,70
	Mínimo	3,90	4,20	4,50	4,50	4,50
	Médio	5.11	5.88	6.36	6.35	5.74

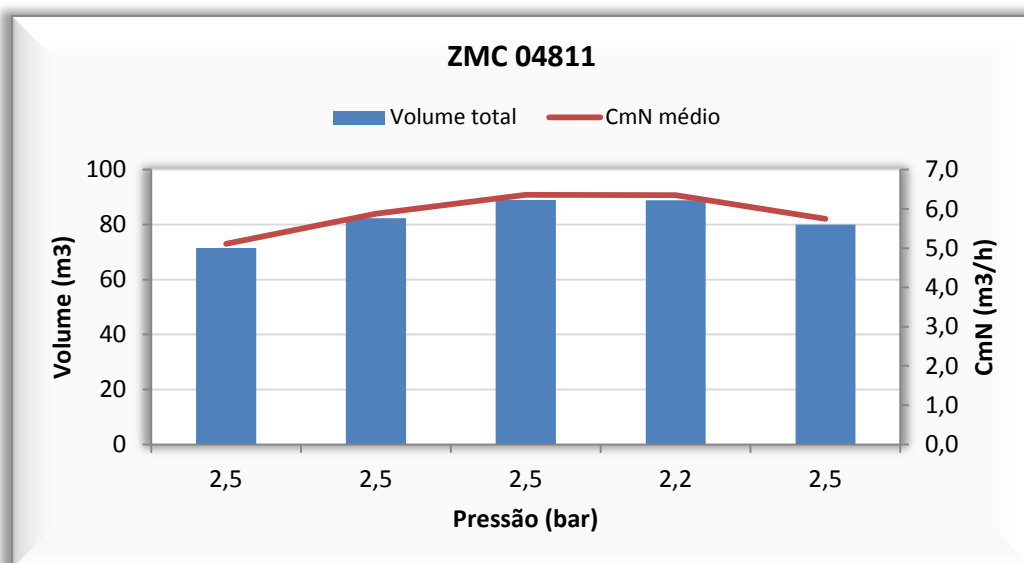


Figura 4.15 - Variação do volume nocturno total e do CmN médio com a variação da pressão na ZMC 04811

Analisando os resultados obtidos, é possível verificar que a redução de pressão, de 0,3 bar, não influenciou, significativamente, o volume total de água fornecido a esta ZMC, nas horas de menor consumo. Verifica-se que o volume total manteve-se praticamente inalterado, sofrendo uma redução, após a reposição da pressão, nos 2,5 bar.

O CmN apresenta o mesmo comportamento que o volume, após as devidas alterações de pressão.

5. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Após a conclusão do método experimental e análise dos dados obtidos, segue-se uma rigorosa interpretação científica, com o objectivo de perceber se a pressão tem realmente influência no consumo, no CmN (fugas) e nas reclamações. Os dados do consumo, do CmN e do volume fornecido à ZMC são analisados semanalmente, condensando assim as informações diárias e horárias, tornando mais perceptível os resultados. A Tabela 5.1 resume os resultados obtidos.

Tabela 5.1 - Resumo dos resultados obtidos

ZMC	Consumo	Volume fornecido	CmN médio	Reclamações
05420	Diminuiu	Diminuiu	Diminuiu	Sem variação
05120	Aumentou	Diminuiu	Diminuiu	Sem variação
03430	Aumentou	Aumentou	Aumentou	Sem variação
48220	Diminuiu	Diminuiu	Diminuiu	Sem variação
04811	Diminuiu	Aumentou	Aumentou	Aumentou

Analisando os dados obtidos para a ZMC 05420, verificou-se que a redução de pressão, de 3,3 para 2,8 bar, teve como resultados, a diminuição do consumo, a diminuição do volume fornecido à ZMC, bem como a diminuição do CmN e do volume total nas horas de menor consumo. A redução de pressão nesta ZMC, pode ter sido a responsável pela diminuição de todas os parâmetros em análise, porém, e analisando todos os clientes, verifica-se que o Agrupamento Escolar passou de 10,234 m³ para 6,600 m³ de consumo, antes e depois da redução de pressão. Esta elevada diferença pode ter como causa, o início do período de férias escolar, e não a alteração de pressão. Sendo este o maior cliente, e tendo em conta a influência deste na ZMC, não é correcto concluir que a pressão foi a única responsável pela diminuição dos parâmetros em análise, excepto o CmN, que de facto pode ter diminuído em consequência da redução de pressão.

Tendo em conta que a percentagem de diminuição do consumo é inferior à percentagem de diminuição do CmN, e que não se verificou a ocorrência de reclamações relacionadas com a pressão, pode ser vantajosa a redução de pressão, de 3,3 para 2,8 bar, nesta ZMC.

Analisando os dados obtidos para a ZMC 05120, verificou-se que a redução da pressão, de 3,6 para 3,1 bar, teve como resultados, o aumento do consumo, a diminuição do volume fornecido à ZMC, e a diminuição do CmN e do volume total nas horas de menor consumo. Estes resultados podem indicar que, a redução de pressão nesta ZMC, é benéfica para a EG, nomeadamente na redução de custos e no aumento de receitas, sem afectar a qualidade do serviço. No entanto, é necessário ter em atenção que, após a redução de pressão, as bombas começaram a trabalhar de forma mais irregular, o que provocou uma instabilização da pressão,

apresentando elevadas amplitudes diárias. Esta instabilidade tem influência negativa na vida útil das bombas e da rede.

Conclui-se que será benéfico diminuir a pressão nesta ZMC, até ao mínimo de 2,6 bar, uma vez que, a partir desse valor, as bombas não funcionam. Os custos relacionados com o funcionamento das bombas também são um dos aspectos considerar.

Analisando os dados obtidos para a ZMC 03430, verificou-se que a redução da pressão, de 3,8 para 3,3 bar, e de 3,3 para 2,8 bar, teve como resultados, o aumento do consumo, o aumento do volume fornecido à ZMC e aumento do CmN médio. Uma das possíveis razões para o aumento de todos estes parâmetros, é a influência da sazonalidade nesta ZMC. Normalmente, nesta ZMC, e no período de férias (mais concretamente, em Agosto), existe uma elevada imigração de portugueses, por motivos familiares e recreativas. Esta imigração pode ter sido a principal causa do aumento desses parâmetros.

O CmN aumentou de forma significativa, após a redução de pressão, podendo-se concluir que, esta redução implica um aumento de fugas de água. Este resultado é contraditório quando comparado com alguns estudos referidos no capítulo 2.9.2, que indicam que, reduzindo a pressão, reduz-se as fugas de água. O efeito da sazonalidade e o facto de esta ZMC ser propensa a eventos festivos, normalmente nos períodos nocturnos e em Agosto, podem ter contribuído para este resultado inesperado. No entanto, verifica-se que a qualidade do serviço não foi prejudicada, uma vez que o número de reclamações não aumentou.

Tendo em conta que o CmN aumentou de modo mais significativo que o consumo, não é benéfico reduzir a pressão, com o objectivo de reduzir as perdas de água nesta ZMC, no entanto, é preciso ter em conta outros factores que podem influenciar o consumo - capítulo 2.9.3 -.

Analisando os dados obtidos para a ZMC 48220, verificou-se um comportamento muito irregular do consumo, após a estabilização da pressão em 4 bar. Com esta pressão, o consumo diminuiu na primeira, e aumentou na segunda semana, de forma significativa. O volume fornecido à ZMC diminuiu, e o CmN e volume total nas horas de menor consumo, aumentaram. Esta estabilização pode não ser benéfica para a gestão desta ZMC, visto que o CmN aumentou em maior percentagem do que o consumo.

Após a diminuição da pressão de 4,0 para 3,5 bar, todos os parâmetros analisados diminuíram de forma significativa. Esta diminuição pode ter sido causada pela redução da pressão, e pela sazonalidade, visto que a última semana de Agosto, é caracterizada pelo término do período férias.

Visto que a diminuição do CmN foi muito maior que a diminuição do consumo, e como a qualidade do serviço não foi afectada, a redução de pressão de serviço pode ser benéfica para a gestão desta ZMC.

Analisando os dados obtidos para a ZMC 04811, verificou-se que a redução de pressão, de 2,5 para 2,2 bar, teve como resultados, a diminuição do consumo, e o aumento do CmN e do volume total nas horas de menor consumo. A diminuição acentuada do consumo pode indicar que, a redução de pressão, tem efeitos negativos na facturação de água, nesta ZMC. Isso pode ser comprovado visto que, após o aumento da pressão, de 2,2 para 2,5 bar, ocorreu um aumento do consumo.

O aumento do CmN pode ter sido causado pela sazonalidade, e pela Viagem Medieval, que originaram, uma enorme afluência populacional no mês de Agosto, especialmente no período nocturno. Verifica-se que o CmN foi aumentando ao longo das semanas, e atingiu o seu pico, exactamente na última semana da Viagem Medieval (1 a 11 de Agosto). Esse pico permaneceu inalterável, mesmo após a redução de pressão, o que mostra a pouca influência dessa redução, no CmN.

Analisando o perfil do volume fornecido a esta ZMC, verifica-se que este aumentou, de forma acentuada ao longo das duas primeiras semanas de Agosto, correspondentes à Viagem Medieval, tendo diminuído logo após o término desse evento. Essa diminuição pode também, ter sido causada pela redução de pressão, uma vez que, após o aumento da pressão de 2,2 para 2,5 bar, ocorreu um aumento desse volume.

A elevada diminuição do consumo, e o grande aumento do CmN, aliados ao aumento do número de reclamações, indicam que não é vantajoso a redução de pressão nesta ZMC.

6. CONCLUSÕES

Os sistemas de abastecimento de água são complexos, e exigem o máximo rigor possível na sua gestão, promovendo a sustentabilidade económica, ambiental e social da água. Com o aumento da população, e da pressão sobre os recursos hídricos, é essencial encontrar estratégias que fomentem essa sustentabilidade.

A correcta gestão de pressões pode ser uma ferramenta essencial, para que a exploração de sistemas de distribuição de água, seja eficiente, promovendo a sua sustentabilidade. Através desta gestão, é possível controlar um dos principais problemas que as EG enfrentam: as perdas de água, especificamente, as perdas reais. No entanto, é necessário realizar uma análise custo-benefício, visto que, o consumo e a qualidade do serviço, podem ser afectados pela pressão.

Existem estudos que comprovam que uma redução de pressão, implica uma redução de perdas reais e de consumo, que pode ser em maior ou menor grau, de acordo com as características da rede de distribuição. Os efeitos da pressão na qualidade do serviço prestado pelas EG, dependem do nível de pressão que os consumidores considerem ideal para satisfazer as suas necessidades. Independentemente dos possíveis efeitos de um programa de alterações de pressão, é necessário realizar uma análise criteriosa à rede de distribuição, antes da sua implementação, de forma a maximizar sua a relação custo-benefício.

Após a realização desta dissertação, comprovou-se que, os benefícios da gestão de pressões, não são lineares, e que dependem das características das ZMC. Conforme já referido, é necessário um estudo prévio, para que sejam definidos critérios e estratégias que melhor se adequam a cada ZMC, maximizando os potenciais benefícios de uma gestão de pressões.

A redução da pressão mostrou-se benéfica para algumas ZMC, nomeadamente, a ZMC 05120, a ZMC 05420 e a ZMC 48220. No caso destas duas últimas, a diminuição do CmN compensou a diminuição do consumo, sendo que na ZMC 05120, este aumentou. Na ZMC 03430, a redução de pressão, não apresentou benefícios convincentes, uma vez que o CmN aumentou a um ritmo superior, quando comparado com o aumento do consumo.

Nestas ZMC, a qualidade de serviço não foi afectada, uma vez que, o número de reclamações, não aumentou, o que indica que os consumidores adaptaram-se aos novos parâmetros do serviço prestado.

O pior caso ocorreu na ZMC 04811, em que, após a diminuição da pressão, o CmN aumentou de forma acentuada, e o consumo diminuiu consideravelmente. A qualidade do serviço também foi muito afectada, visto que o número de reclamações aumentou de forma clara.

Há que ter em atenção que resultados obtidos, não podem ser encarados como sendo irrefutáveis. Uma vez que o método experimental foi aplicado no mês de Agosto, que é

caracterizado por uma grande influência sazonal, e como apenas decorreu durante cinco semanas, é difícil concluir quais os reais efeitos da pressão no consumo e no CmN.

Para que os resultados fossem mais fidedignos, seria necessário que o método experimental fosse aplicado numa base semestral, ou mesmo anual, onde fosse possível minimizar os erros associados à sazonalidade.

No entanto, os resultados mostram que, em determinadas ZMC, existe margem para uma redução de pressão, sem prejudicar a qualidade do serviço, nem por em causa os trâmites legais definidos pelo DR 23/95 e pela ERSAR.

A utilização de Cybles, para telemetria dos consumos, mostra-se tecnicamente muito vantajosa, visto que permite eliminar erros associados às leituras, aumentando a eficiência da facturação. Para além disso, os Cybles emitem sinais de alerta de fugas domiciliárias, fenómenos de refluxo, consumos excessivos, e ajudam no dimensionamento dos contadores e na concepção de bases tarifárias, entre outros benefícios. No entanto, o seu elevado preço e a necessidade de instalar diferentes *softwares*, podem ser obstáculos difíceis de ultrapassar por parte de algumas EG, que vêm os seus processos de investimentos dependerem da evolução da situação económica envolvente.

7. DIFICULDADES E PROPOSTAS DE TRABALHO

Ao longo da dissertação, surgiram algumas dificuldades, nomeadamente na concretização do método experimental inicialmente definido. Seria expectável realizar o método experimental num período compreendido entre Abril e Agosto, o que não foi possível, devido à indisponibilidade de Cybles suficientes, e à necessidade de instalação de *softwares*, bem como a obtenção das respectivas licenças. Foram igualmente, necessárias acções de formação, para obtenção de conhecimento necessário, para a programação de rotas e para o correcto manuseamento dos Cybles.

O método experimental consistia em, diminuir a pressão (-1 bar) em duas fases e, de seguida, aumentar a pressão (+1 bar) também em duas fases e verificar qual a influência dessas variações no consumo, CmN e reclamações. Porém, devido à necessidade de cumprir prazos, não foi possível realizar o aumento de pressão.

Outra dificuldade encontrada foi a instalação dos Cybles, uma vez que, muitos clientes mostraram-se apreensivos quanto à sua interferência com o correcto funcionamento do contador. Foi necessário alguns esclarecimentos, para que os clientes percebessem que, a utilização do Cyble, tinha como único objectivo, a realização de um método experimental.

Após a conclusão da dissertação, ficou clara a necessidade da continuidade de recolha de dados que comprovem a real influência da pressão no consumo, no CmN e nas reclamações, tendo em conta as características da rede de distribuição de Santa Maria da Feira. Assim é proposto:

- Implementar o método experimental numa base semestral ou anual;
- Implementar o método experimental a outras ZMC;
- Estudar a influência da pressão nas perdas aparentes, nomeadamente na sua influência sobre os erros de medição dos contadores;
- Estudar quais as pressões mínimas e máximas de serviço, às quais os clientes se mostrem resilientes;
- Estudar a influência da pressão nos fenómenos de refluxo, e o seu efeito na saúde pública;
- Estudo dos reais efeitos da sazonalidade no consumo, com o objectivo de definir patamares de pressão para diferentes períodos do ano;
- Analisar a relação custo-benefício da utilização de Cybles para telemetria de consumos;
- Estudo da periodicidade ideal para a recolha de dados de telemetria.

8. BIBLIOGRAFIA

ÁGUAS DA REGIÃO DE AVEIRO, site consultado em Maio de 2013, disponível em: www.adra.pt

ÁGUAS DO DOURO E PAIVA, site consultado em Maio de 2013, disponível em: www.addp.pt

ALEGRE, H., COELHO, S. T., ALMEIDA, M., VIEIRA, P. (2005). “*Guia Técnico 3: Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*”. Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), Instituto da Água (INAG) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). ISBN: 972-99354-4-0.

ALEGRE, H.; COVAS, D. (2010). “*Guia Técnico 16: Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água. Uma abordagem centrada na reabilitação*”. Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), Instituto Superior Técnico (IST) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). ISBN: 978-989-8360-04-5.

ARREGUI, F.; CABRERA, E; COBACHO, R; GARCÍA, J. (2005). “*Key Factors affecting water meter Accuracy*”. LEAKAGE, Halifax, Canada.

BERTRAD, E.V. (2003). “*Guadalajara's water crisis and the fate of Lake Chapala: a reflection of poor water management in Mexico*”. International Institute for Environment and Development, Vol 15 No 2, pp. 127-140.

BCWWA Board of Directors (2012). “*Water metering. Position Statement*”.

BUTLER, D. (2009). “*Leakage Detection and Management: A comprehensive guide to technology and practice in the water supply industry*”. Halma Water Management. ISBN: 0-9538014-0-3.

CUNHA, L.V. (1998). “*Segurança Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos*”. Separata relativa à Comunicação apresentada ao 4º Congresso da Água organizado pela Associação Portuguesa de Recursos Hídricos (APRH). Publicação na revista Nação e Defesa, nº 86, 2º Série, pp.27-50.

DECRETO-LEI n.º 306/2007. D.R. n.º 164, Série I de 2007-08-27. P. 5647-5765

DECRETO REGULAMENTAR n.º 23/95. D.R. n.º 194, Série I-B de 1995-08-23. p. 5284-5319.

DIRECTIVA 2000/60/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO, de 23 de Outubro de 2000. Jornal Oficial das Comunidades Europeias. L 327/1 – L 327/72.

EPAL (2011). “Manual de redes prediais”. Versão 4. Disponível em: www.epal.pt

ERSAR, site consultado em Abril de 2013, disponível em: www.ersar.pt

FALKENBERG, A.V. (2005). “*Previsão de consumo urbano de água em curto prazo*”. Dissertação apresentada Universidade Federal do Paraná, para obtenção do grau de Mestre no em Métodos Numéricos em Engenharia.

FANTOZZI, M.; CALZA, F.; LAMBERT, A. (2009). “*Experience and results achieved in introducing District Metered Areas (DMA) and Pressure Management Areas (PMA) at Enia utility (Italy)*”. IWA International Specialised Conference “Water Loss 2009”.

FARLEY, M. (2001). “*Leakage Management and Control – A Best Practice Training Manual*”. World Health Organization.

FARLEY, M.; WYETH, G.; GHAZALI, Z.; ISTDAR, A.; SINGH, S. (2008). “*A Guide to Understanding Water Losses: The Manager's Non-Revenue Water Handbook*”. Ranhill Utilities Berhad and the United States Agency for International Development.

GALVÃO, J.R.B. (2007). “*Avaliação da relação Pressão x Consumo, em áreas controladas por válvulas redutoras de pressão (VRPs). Estudo de caso: Rede de distribuição de água da região metropolitana de São Paulo*”. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Hidráulica.

GOMES, R.J. (2011). “*Modelação matemática como ferramenta de gestão e exploração de sistemas de distribuição de água*”. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil na especialidade de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente.

HENRIQUES, J.D.; PALMA, J.C.P.; RIBEIRO, A.S. (2006). “*Guia Técnico 9: Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais urbanas*”. Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

I2O, site consultado em Junho de 2013, disponível em: www.i2ocom.com

INDAQUA, site consultado em Maio de 2013, disponível em: www.indaqu.pt

ITRON, site consultado em Junho de 2013, disponível em: www.itron.com

JANZ, site consultado em Julho de 2013, disponível em: www.janz.pt

LAMBERT2, A. (2003). “*Assessing Non-Revenue Water and its Components: A Practical Approach*”. IWA Water Loss Task Force. Water 21 – Article No 2.

LAMBERT, A. (2003). “*What do we know about pressure: Leakage relationships in distribution systems?*” IWA Conference “System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management “. ISBN: 80-7204-197-5.

Lei n.º 11/87. D.R. n.º 81, Série I de 1987-04-07. p. 1386-1397.

Lei n.º 58/2005. D.R. n.º 249, Série I-A de 2005-12-29. p. 7280-7310.

LENCASTRE, A. (1996). “*Hidráulica Geral*”. Gráfica de Coimbra, Lda. Edição de Autor. ISBN: 972-95859-0-3

LIEMBERGER, R; FARLEY, M. (2004). “*Developing a Non Revenue Water Reduction Strategy, Part 1: Investigating and Assessing Water Losses*”. IWA Congress, Marrakech.

LOUREIRO, D.; ÁLVARES, A.; COELHO, S.T. (2007). “*Aplicação de sistemas de telemetria domiciliária em sistemas de distribuição de água*”. I Conferência INSSAA – Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água.

MAGALHÃES, C.A.C.; MORENO, J.; JÚNIOR, A.C.G. (2001). “*Estimativa do consumo por capita em comunidades atendidas pela unidade de negócio do Médio Tietê*”. ABES: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

MALHEIRO, R.M.G. (2011). “*Controlo de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água com utilização de telecontagem*”. Dissertação apresentada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Hidráulica.

MARTINS, C.P.F. (2009). “*Balanço hídrico e indicadores de desempenho no subsistema de abastecimento de água de São João de Lobrigos – Santa Marta de Penaguião*”. Dissertação apresentada à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

MCKENZIE, R. (1999). “*Development of a standardised approach to evaluate burst and background losses in water distribution systems in South Africa*”. South African Water Research Commision. ISBN: 1 86845 490 8.

MEDEIROS, N.; LOUREIRO, D.; MUGEIRO, J.; COELHO, S.T.; BRANCO, L. (2007). “*Concepção, instalação e exploração de sistemas de telemetria domiciliária para apoio à gestão*”.

técnica de sistemas de distribuição de água”. I Conferência INSSAA – Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água.

MISTRY, P. – “*Pressure Management to reduce water demand & leakage*”. Wide Bay Water Corporation.

MONTEIRO, A.J.; ALEGRE, H.; COVAS, D. “*Gestão Avançada de Sistemas de Abastecimento de Água*”. Instituto Superior Técnico (IST) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

MOREIRA, T.O.M. (2011). “*Gestão de Perdas em Redes de Abastecimento de Água - assistida pelo simulador EPANET*”. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

MORRISON, J. (2004). “*Managing Leakage by District Metered Areas: a practical approach*”. IWA Water Loss Task Force. Water 21.

MORRISON, J.; TOOMS, S.; ROGERS, D. (2007). “*District Metered Areas: Guidance Notes*”. IWA Water Loss Task Force.

MUTIKANGA, H.E. (2012). “*Water Loss Management – Tools and methods for developing countries*”. Dissertação de doutoramento apresentada à Delft University of Technology and Academic Board of UNESCO-IHE Institute for Water Education. ISBN: 978-0-415-63648-3.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA), site consultado em Junho de 2013, disponível em: www.noaa.gov

NATURLINK, site consultado em Maio de 2013, disponível em: www.naturlink.sapo.pt

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, site consultado em Junho de 2013, disponível em: www.un.org

PEAASAR II (2007). “*Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (2007-2013)*”. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. ISBN: 978-989-8097-00-2

PILCHER, R., DIZDAR, A., TOPRAK, S., ANGELIS, E.D., KOC, A.C., DILSIZ, C., ANGELIS, K.D., DIKBAS, F., FIRAT, M., BACANLI, U.G. (2008) “*PROWAT Basic Water Loss Book – A guide to the Water Loss Reduction Strategy and Application (Part 1)*”. Leonardo da Vinci Project.

RAMOS, H.; COVAS, D.; ARAÚJO, L. (2004). “*Válvulas redutoras de pressão e produção de energia*”. APRH - 7º Congresso da Água.

RODRIGUES, A.C., LEITÃO A.E., HENRIQUES, A.G. (1987). “*O Planeamento para a Gestão dos Recursos Hídricos Portugueses no início do século XXI*”.

TABESH, M.; TANYIMBOH, T.T.; BURROWS, R. (2001). “*Head-driven simulation of water supply networks*”.

THORNTON, J., KUNKEL, G (2004). “*Water Loss Control Manual*”. McGraw-Hill.

USGS, site consultado em Maio de 2013, disponível em: www.ga.water.usgs.gov

VIEIRA, J.M.P (2003). “*Gestão da Água em Portugal. Os Desafios do Plano Nacional da Água*”. Universidade do Minho - Departamento de Engenharia Civil.

WU, Z.Y.; WANG, R.H.; WALSKI, T.M.; YANG, S.Y.; BOWDLER, D. (2006). “*Efficient pressure dependent demand model for large water distribution system analysis*”. 8th Annual International Symposium on Water Distribution System Analysis.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, site consultado em Junho de 2013, disponível em: www.ine.pt

9. ANEXOS

9.1 Anexo 1 – Mapas das ZMC analisadas e localização dos Cybles

➤ ZMC 05420

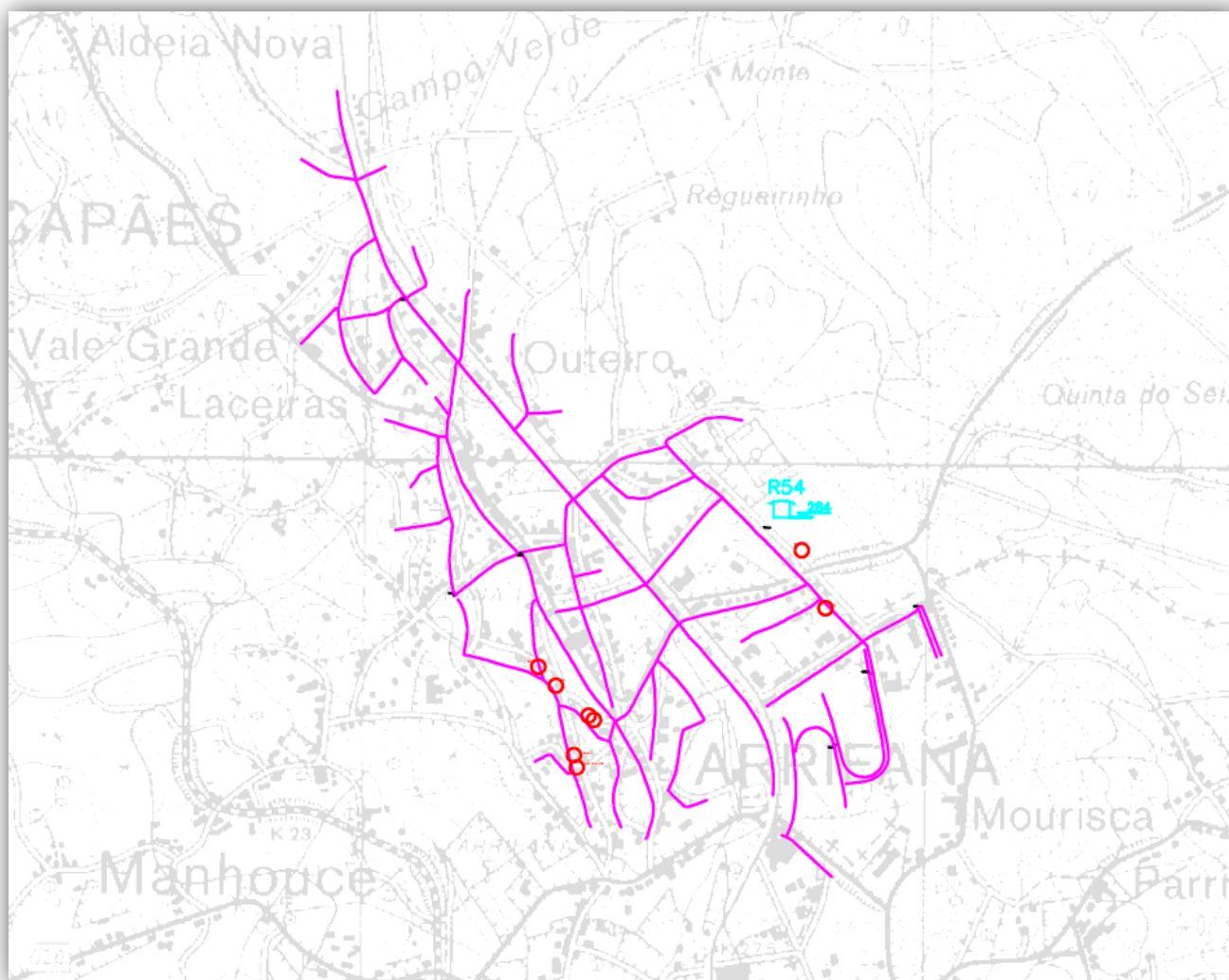


Figura 9.1 - Mapa da ZMC 05420

➤ ZMC 05120

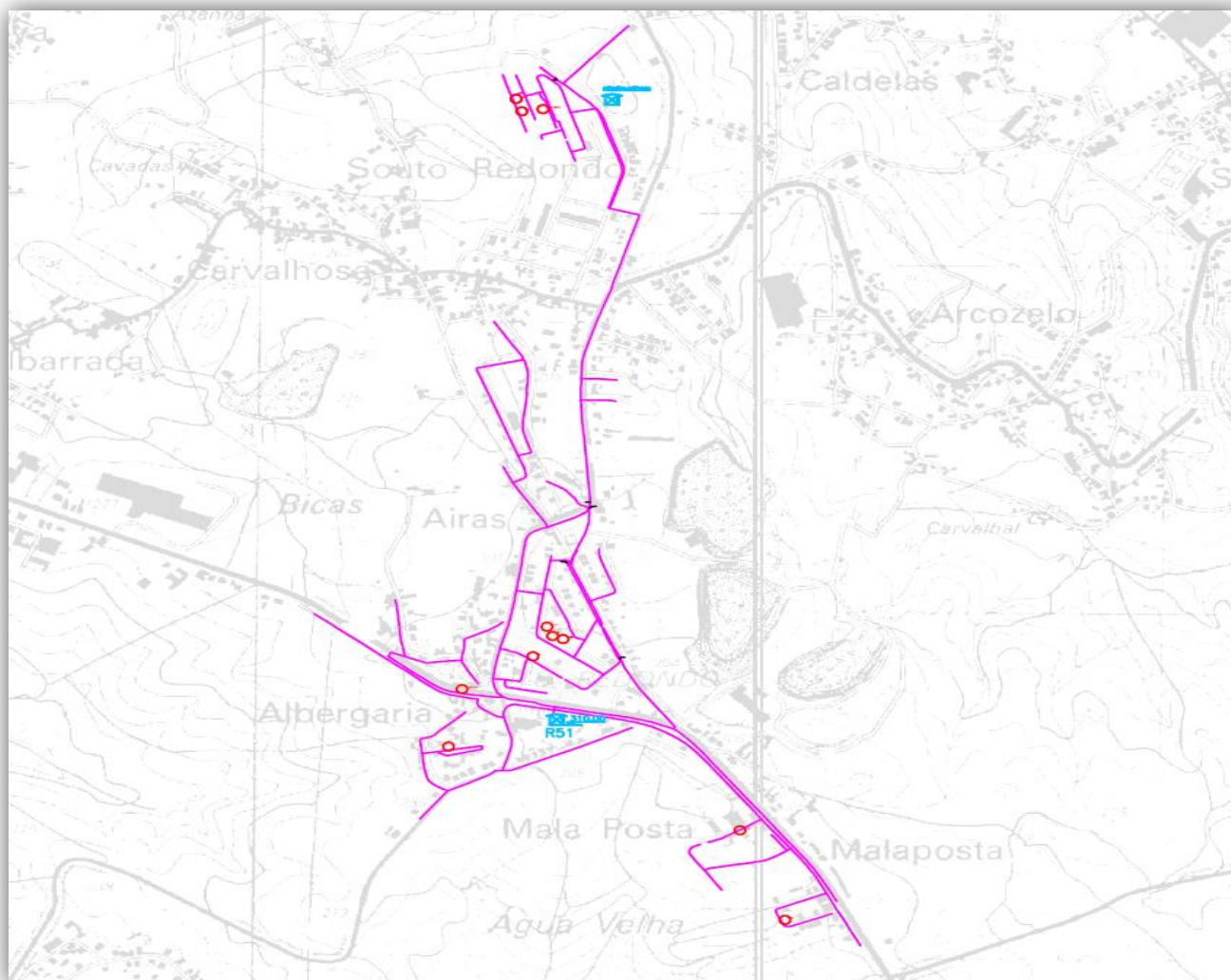


Figura 9.2 - Mapa da ZMC 05120

➤ ZMC 03430

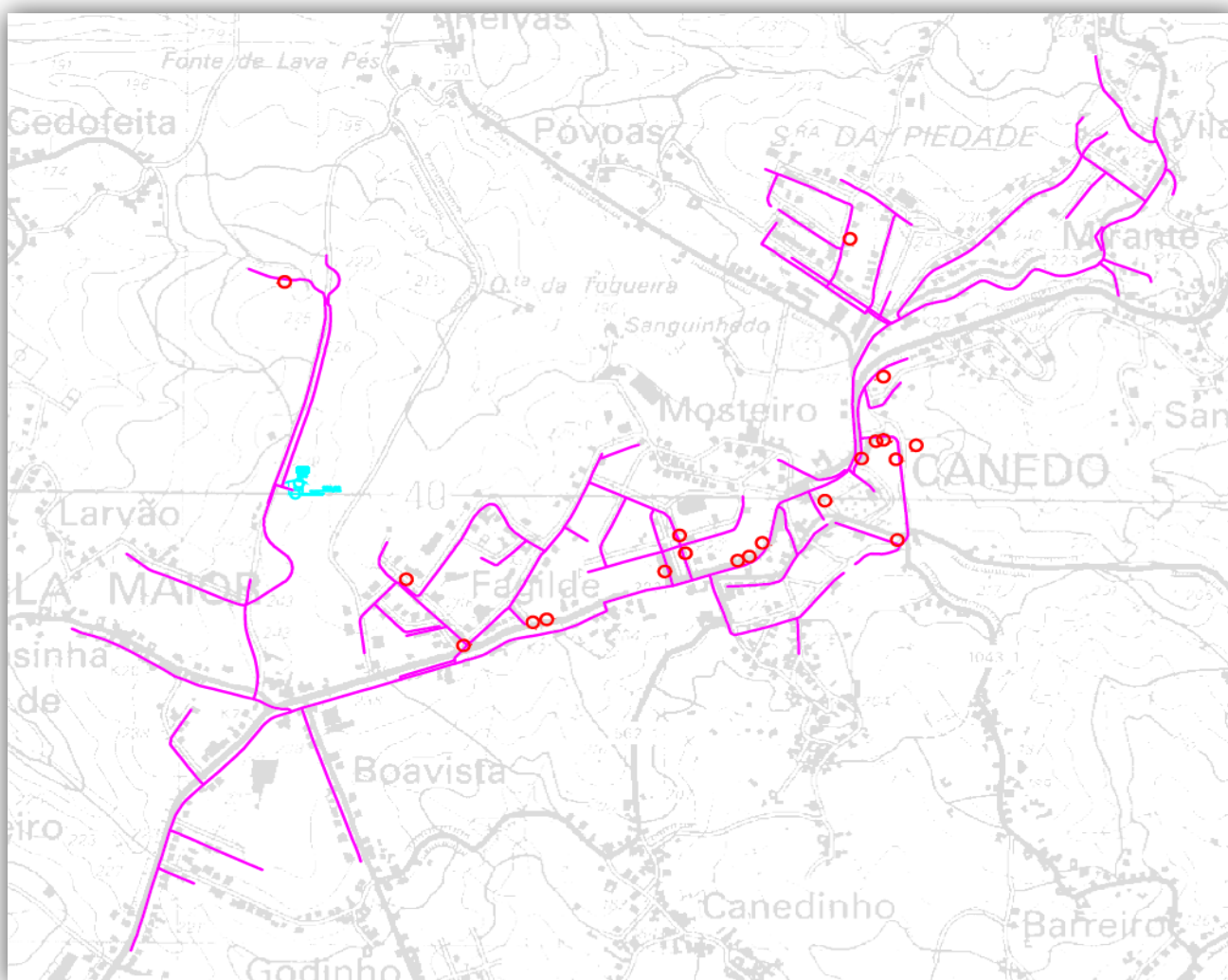


Figura 9.3 - Mapa da ZMC 03430

➤ ZMC 48220

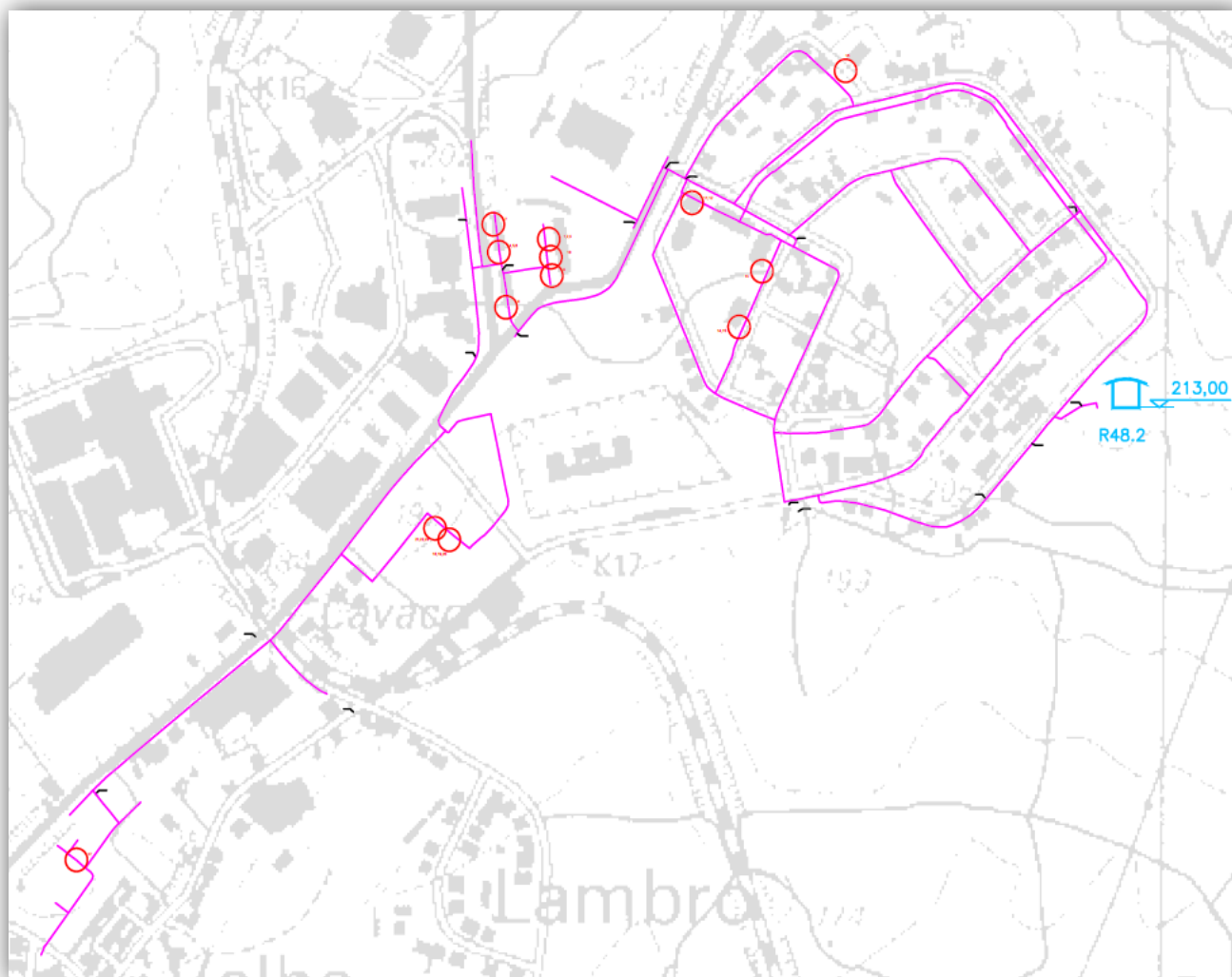


Figura 9.4 - Mapa da ZMC 48220

➤ ZMC 04811

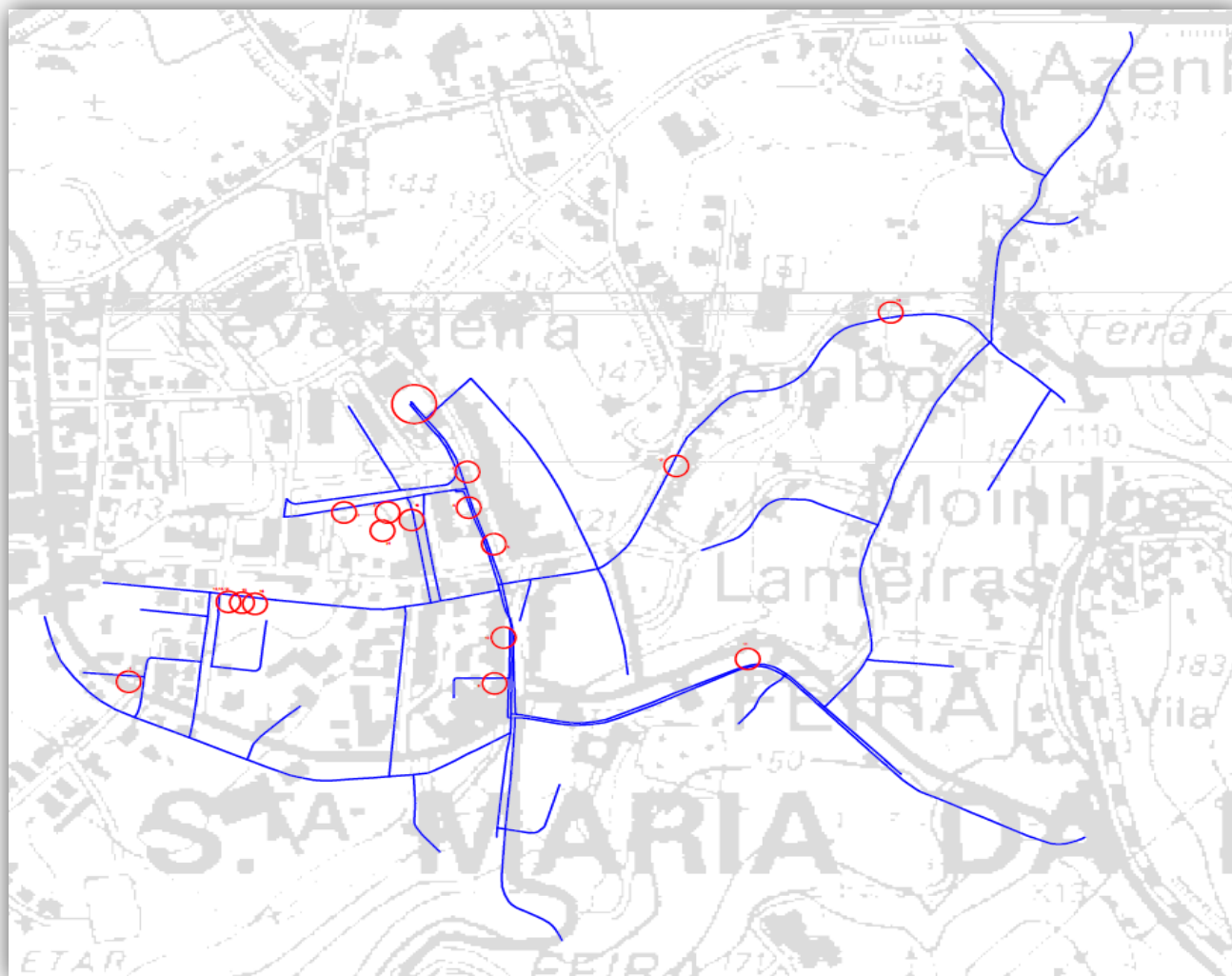


Figura 9.5 - Mapa da ZMC 04811

9.2 Anexo 2 – Características dos contadores analisados e Cybles associados**Tabela 9.1 - Características dos contadores analisados e Cybles associados**

Nº Contador	Nº Cyble	Dn	Qn	Modelo	Válido desde
C-42-206075858	12-0277344-111	20	1,5	Actaris Aquadis	10.04.2007
C-42-206075537	12-0277342-081	20	1,5	Actaris Aquadis	20.03.2007
C-42-207087920	12-0277338-085	20	1,5	Actaris Aquadis	18.10.2007
10PA515881	12-0277341-082	20	1,5	Actaris	17.10.2010
10PA517858	12-0277339-084	20	1,5	Actaris	17.10.2010
10PA516759	12-0277346-109	20	1,5	Actaris	20.10.2010
C-42-205059008	12-0277345-110	20	1,5	Actaris Aquadis	15.11.2005
C-42-205064824	12-0277332-091	20	1,5	Actaris Aquadis	15.03.2006
11PA560728	12-0277333-090	20	1,5	ITRON TD9	27.12.2011
11PA551509	12-0277317-074	20	1,5	ITRON TD9	18.11.2011
C-42-207087850	12-0277318-073	20	1,5	Actaris Aquadis	18.10.2007
11FE006903	12-0277328-095	40	10	ITRON FLOSTAR-M MONOJ	11.11.2011
08DB108204	12-0277319-072	20	1,5	Actaris Aquadis	26.04.2010
C-42-206066870	12-0277327-064	20	1,5	Actaris Aquadis	18.02.2009
C-42-205056851	12-0277320-071	20	1,5	Actaris Aquadis	08.09.2005
C-42-205057219	12-0277326-065	20	1,5	Actaris Aquadis	10.10.2005
C-42-206075449	12-0277321-070	20	1,5	Actaris Aquadis	19.03.2007
12LA061479	12-0277325-066	20	1,5	ITRON TD9	13.07.2012
10PA516756	12-0277322-069	20	1,5	Actaris TD9	20.10.2010
C-42-205061014	12-0111321-033	20	1,5	Actaris Aquadis	01.04.2009
C-42-206075862	12-0111319-047	20	1,5	Actaris Aquadis	28.03.2007
10PA513861	12-0111320-032	20	1,5	Actaris TD9	05.08.2010
08DA321941	12-0111314-042	15	1,5	Actaris Aquadis	23.06.2010
10PA058253	12-0111318-046	15	1,5	Actaris TD9	04.08.2010
10PA058224	12-0111315-043	15	1,5	Actaris TD9	05.08.2010
10PA058274	12-0111317-045	15	1,5	Actaris TD9	11.08.2010
10PA057802	12-0111310-054	15	1,5	Actaris TD9	04.08.2010
11PA545460	12-0111316-044	20	1,5	ITRON TD9	30.07.2011
10PA058238	12-0111306-050	15	1,5	Actaris TD9	11.08.2010
C-42-207088168	12-0111329-025	20	1,5	Actaris Aquadis	01.08.2007
11PA541658	12-0111336-016	20	1,5	ITRON TD9	18.04.2011
10JB009180	12-0111328-024	20	2,5	ITRON AQUADIS	31.03.2011
10PA531149	12-0111334-030	20	1,5	ITRON TD9	31.12.2010
C-42-206073860	12-0111335-031	20	1,5	Actaris Aquadis	14.08.2007
10PA058293	12-0111323-035	15	1,5	Actaris TD9	05.08.2010
10PA530891	12-0111324-036	20	1,5	ITRON TD9	14.03.2011
C-42-207094344	12-0111322-034	20	1,5	Actaris Aquadis	06.08.2009

C-42-207085907	12-0111326-038	20	1,5	Actaris Aquadis	13.07.2007
C-42-207086182	12-0111309-053	20	1,5	Actaris Aquadis	09.07.2007
C-42-207086344	13-0273709-043	20	1,5	Actaris Aquadis	04.06.2007
10PA058205	13-0273729-071	15	1,5	Actaris TD9	06.09.2010
09PA502016	13-0273714-052	20	1,5	ITRON TD9	01.02.2011
C-42-208001292	13-0273721-063	20	1,5	Actaris Aquadis	05.12.2007
C-42-205065771	13-0273711-041	20	1,5	Actaris Aquadis	17.05.2006
09PA501971	13-0273715-053	20	1,5	Actaris TD9	16.06.2010
09PA500580	13-0273705-047	20	1,5	Actaris TD9	04.07.2010
C-42-205065076	13-0273716-050	20	1,5	Actaris Aquadis	20.02.200
09PA500579	13-0273710-040	20	1,5	Actaris TD9	04.07.2010
09PA502594	13-0273728-070	20	1,5	Actaris TD9	15.06.2010
09PA502598	12-0277331-092	20	1,5	Actaris TD9	15.06.2010
C-42-205065080	12-0277288-039	20	1,5	Actaris Aquadis	20.02.2006
C-42-207092402	12-0277360-127	20	1,5	Actaris Aquadis	10.08.2009
10PA506192	12-0277314-077	20	1,5	Actaris TD9	04.08.2010
C-42-205064921	12-0277355-100	20	1,5	Actaris Aquadis	04.01.2006
09PA502479	12-0277337-086	20	1,5	Actaris TD9	16.06.2010
C-42-205088603	12-0277289-038	15	1,5	Actaris Aquadis	02.02.2006
11PA553347	12-0277276-019	20	1,5	ITRON TD9	10.10.2011
C-42-205064804	12-0276623-137	20	1,5	Actaris Aquadis	26.08.2009
C-42-206066964	12-0277300-059	20	1,5	Actaris Aquadis	18.04.2006
C-42-207095470	12-0277348-107	20	1,5	Actaris Aquadis	12.05.2008
C-42-205011156	12-0277329-094	20	1,5	Actaris Aquadis	12.05.2008
C-42-206075529	12-0276584-110	20	1,5	Actaris Aquadis	12.05.2008
C-42-207094771	12-0276585-111	20	1,5	Actaris Aquadis	11.02.2008
C-42-207093929	12-0276587-109	20	1,5	Actaris Aquadis	29.01.2008
C-42-207093928	12-0276551-065	20	1,5	Actaris Aquadis	29.01.2008
C-42-206073852	12-0276596-114	20	1,5	Actaris Aquadis	12.09.2006
08LA668901	12-0276597-115	15	1,5	Actaris Aquadis	31.10.2010
08LA668902	12-0276550-064	15	1,5	Actaris Aquadis	31.10.2010
10PA057479	12-0276575-089	15	1,5	Actaris TD9	31.10.2010
C-42-207093887	12-0276549-067	20	1,5	Actaris Aquadis	16.01.2008
C-42-205065244	12-0276552-078	20	1,5	Actaris Aquadis	26.06.2009
10PA522477	12-0276553-079	20	1,5	Actaris TD9	31.10.2010
C-42-205061079	12-0276583-097	20	1,5	Actaris Aquadis	27.08.2008
C-42-205061080	12-0277307-052	20	1,5	Actaris Aquadis	07.12.2005
C-42-205061125	12-0276574-088	20	1,5	Actaris Aquadis	07.12.2005
C-42-205061077	12-0276588-106	20	1,5	Actaris Aquadis	07.12.2005
10PA518664	12-0276578-100	20	1,5	Actaris TD9	31.10.2010
10PA518664	12-0276577-103	20	1,5	Actaris TD9	31.10.2010
10PA516462	12-0276573-091	20	1,5	Actaris TD9	10.09.2010
10PA522626	12-0277292-035	20	1,5	Actaris TD9	31.10.2010

C-42-205061115	12-0277291-036	20	1,5	Actaris Aquadis	23.04.2007
C-42-206073660	12-0277290-037	20	1,5	Actaris Aquadis	24.07.2009
C-42-205054008	12-0277296-063	20	1,5	Actaris Aquadis	04.07.2005
C-42-205015151	12-0277287-040	20	1,5	Actaris Aquadis	19.04.2005
10PA524178	12-0277295-032	20	1,5	Actaris TD9	31.10.2010
10PA524172	12-0277294-033	20	1,5	Actaris TD9	31.10.2010
10PA522475	12-0277297-062	20	1,5	Actaris TD9	31.10.2010
10PA524180	12-0277361-126	20	1,5	Actaris TD9	31.10.2010
10PA524176	12-0277275-020	20	1,5	Actaris TD9	31.10.2010
10PA528338	12-0277304-055	20	1,5	ITRON TD9	22.02.2011
C-42-205064952	12-0277354-101	20	1,5	Actaris Aquadis	24.04.2009
10PA522471	12-0276613-131	20	1,5	Actaris TD9	31.10.2010
C-13-207101215	12-0276622-136	50	15	Actaris Flostar	17.09.2007
C-42-205058922	12-0276620-138	20	1,5	Actaris Aquadis	09.11.2005
C-42-205058422	12-0277340-083	20	1,5	Actaris Aquadis	09.11.2005
C-42-205058319	12-0277334-089	20	1,5	Actaris Aquadis	09.11.2005
C-42-205058919	12-0277298-061	20	1,5	Actaris Aquadis	09.11.2005
10PA525140	12-0277356-099	20	1,5	Actaris TD9	03.12.2010
C-42-205065819	12-0276610-132	20	1,5	Actaris Aquadis	04.04.2006
C-42-205057437	12-0277324-067	20	1,5	Actaris Aquadis	24.10.2005
C-42-206075783	12-0277343-080	20	1,5	Actaris Aquadis	20.03.2007
C-42-206075483	12-0277358-097	20	1,5	Actaris Aquadis	06.11.2009
C-42-206075487	12-0277315-076	20	1,5	Actaris Aquadis	26.03.2007
C-42-206075479	12-0277303-056	20	1,5	Actaris Aquadis	26.03.2007
C-42-206075481	12-0277359-096	20	1,5	Actaris Aquadis	26.03.2007
08DB100456	12-0277312-079	20	1,5	ITRON AQUADIS	27.06.2011
10PA513220	12-0277352-103	20	1,5	Actaris TD9	26.08.2010
10PA505027	12-0276619-141	20	1,5	Actaris TD9	30.08.2010
C-42-207094867	12-0277347-108	20	1,5	Actaris Aquadis	31.01.2008
C-42-207094864	12-0277335-088	20	1,5	Actaris Aquadis	31.01.2008
C-42-207094860	12-0276609-135	20	1,5	Actaris Aquadis	31.01.2008
C-42-207093861	12-0277313-078	20	1,5	Actaris Aquadis	16.01.2008
10PA528267	12-0277353-102	20	1,5	ITRON TD9	22.02.2011
10PA528269	12-0277299-060	20	1,5	ITRON TD9	22.02.2011
10PA528268	12-0276611-133	20	1,5	ITRON TD9	22.02.2011

9.3 Anexo 3 – Características das ZMC analisadas

Tabela 9.2 - Características das ZMC analisadas

ZMC	Clientes					Extensão da Rede (m)	Material e Diâmetro	N.º de Ramais
	Total	Domésticos	Comércio	Indústria	Outros			
05420	657	562	76	3	16	10.464	PVC 75;90;110;125 PE 63	663
05120	463	415	29	1	18	13.314	PVC 75;90;110;125 PEAD 75 HOS 75	479
03430	898	732	117	8	41	14.754	PVC 75;90;125;140 PEAD 90;140	698
48220	742	673	46	3	20	7.069	PVC 75;90;125;140;160 HOS 75	275
04811	606	423	136	1	46	6.679	PVC 75;90;110;160;200;250 HOS 63;75;90;110;250	373

9.4 Anexo 4 – CmN médio mensal nas ZMC (2012)

Tabela 9.3 – CmN médio mensal nas ZMC (2012)

CmN médio mensal (m ³ /h)												
ZMC	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
05420	1,9	1,4	1,0	0,8	0,7	1,0	1,2	1,0	1,2	2,3	1,6	2,0
05120	1,6	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,4	2,9	1,5	1,8	2,7	2,1
03430	3,4	2,2	2,5	2,4	2,4	3,5	2,8	2,8	2,8	3,5	2,6	2,1
48220	4,4	5,1	4,3	3,4	3,0	3,1	4,3	4,7	4,6	4,6	5,1	4,3
04811	5,5	5,2	5,6	5,5	5,3	5,0	4,5	5,3	3,5	1,6	2,0	2,6

9.5 Anexo 5 – Variação do caudal ao longo da experiência

➤ ZMC 05420

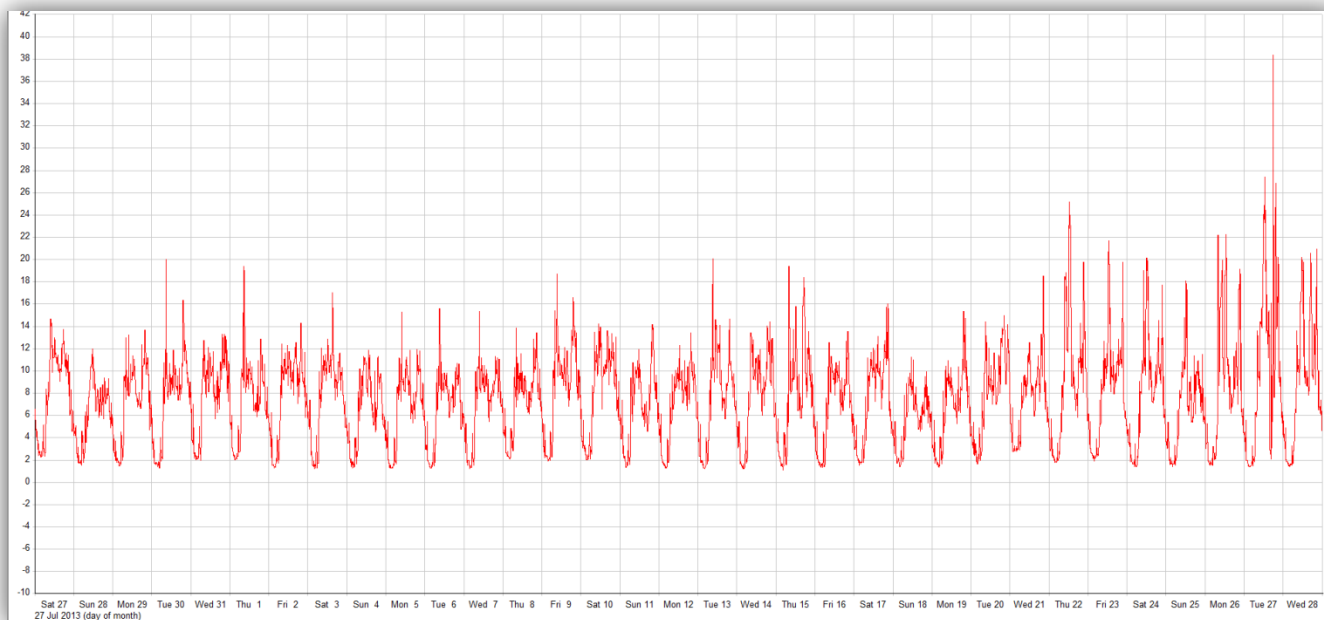


Figura 9.6 - Variação do caudal na ZMC 05420

➤ ZMC 05120

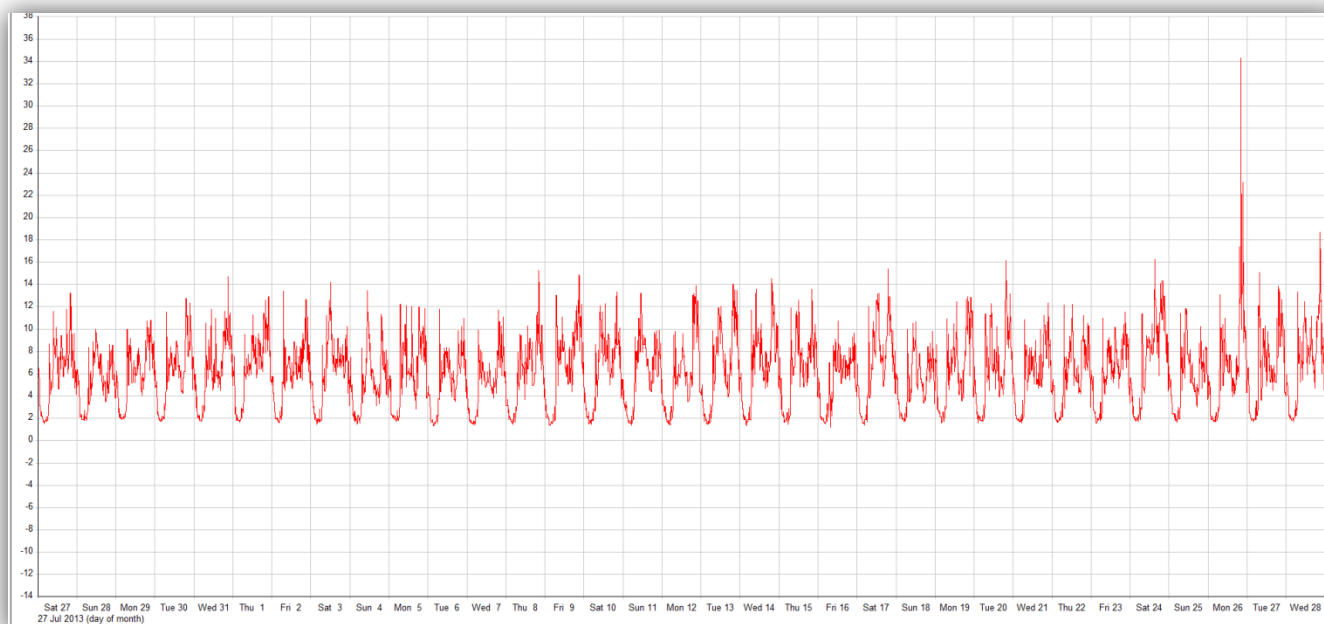


Figura 9.7 - Variação do caudal na ZMC 05120

➤ **ZMC 03430**

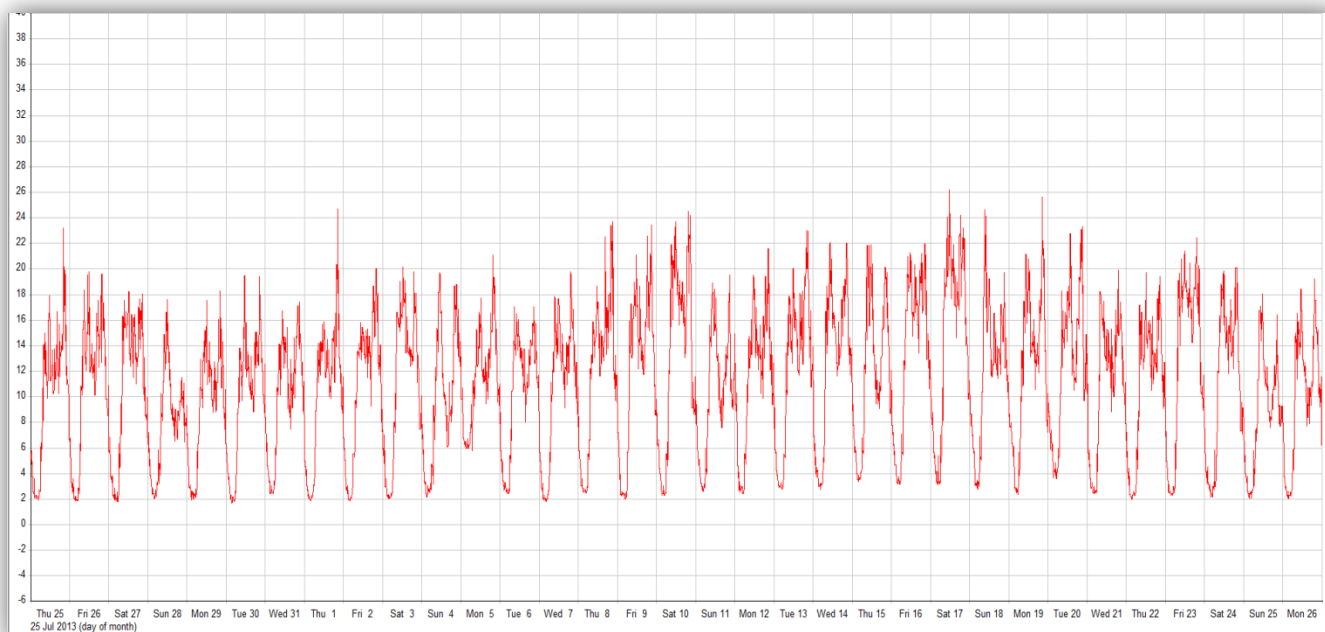


Figura 9.8 - Variação do caudal na ZMC 03430

➤ **ZMC 48220**

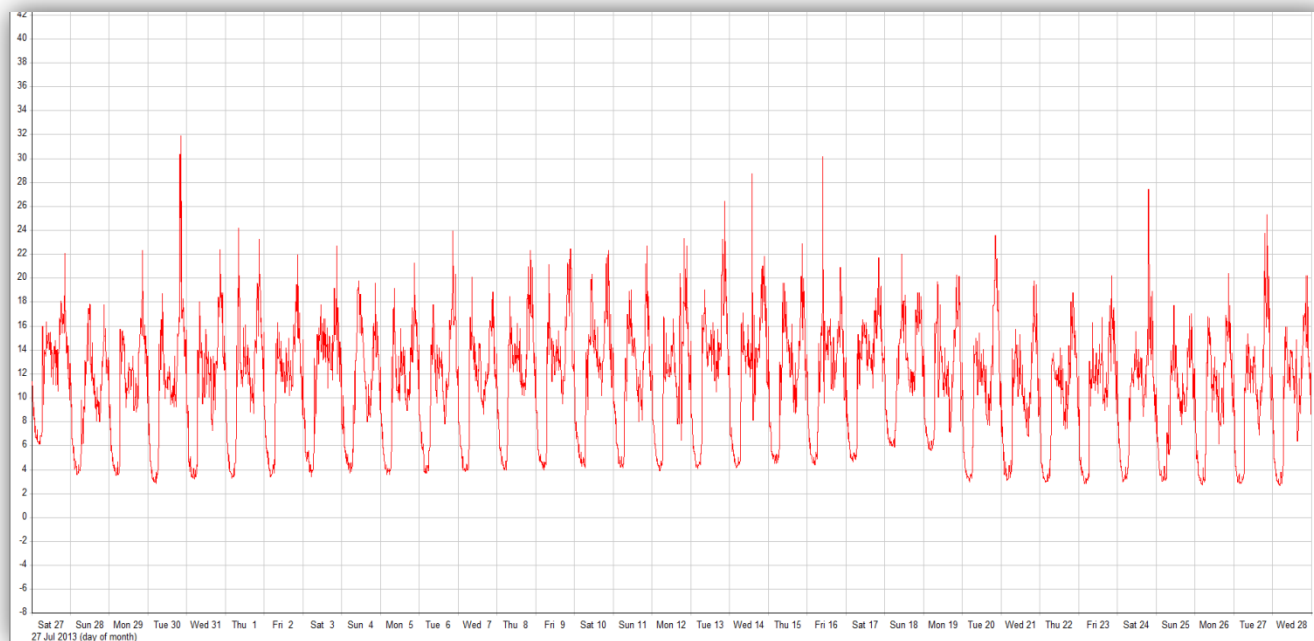


Figura 9.9 - Variação do caudal na ZMC 48220

➤ **ZMC 04811**

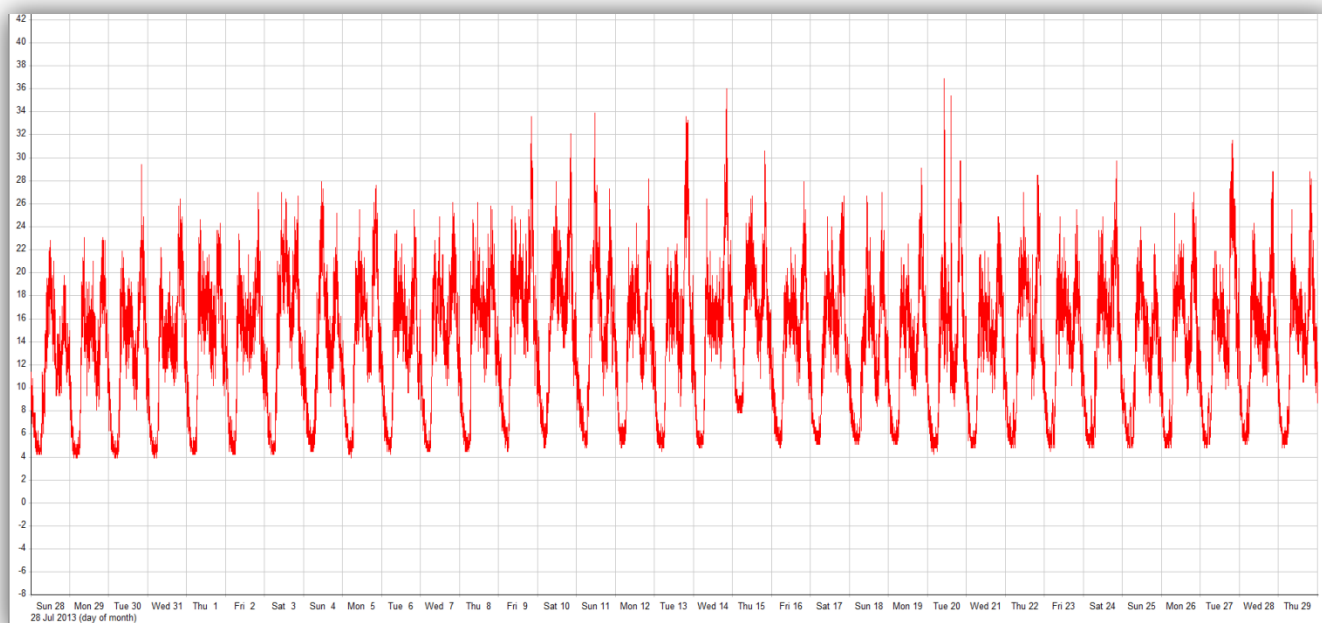


Figura 9.10 - Variação do caudal na ZMC 04811